



Universidade de Aveiro Departamento de Comunicação e Arte
2018

**JOSÉ MÁRIO
MAIA DE SEABRA**

**EXPLORAÇÃO DE TÉCNICAS DE BORDADO
ATRAVÉS DE TECNOLOGIA BASEADA EM
REALIDADE AUMENTADA - CASO DO MUSEU DE
AVEIRO**



**JOSÉ MÁRIO
MAIA DE SEABRA**

**EXPLORAÇÃO DE TÉCNICAS DE BORDADO
ATRAVÉS DE TECNOLOGIA BASEADA EM
REALIDADE AUMENTADA - CASO DO MUSEU DE
AVEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Comunicação Multimédia, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Mário Jorge Rodrigues Martins Vairinhos, Professor Auxiliar do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro.

o júri

presidente

**Prof.^a Doutora Ana Isabel Barreto Furtado Franco de Albuquerque
Veloso**
professora auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof.^a Doutora Joana Nair Silva Carvalho
professora coordenadora do Instituto Superior de Tecnologias Avançadas

Prof. Doutor Mário Jorge Rodrigues Martins Vairinhos
professor auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Agradeço inicialmente a toda a minha família por todo acompanhamento dado, assim como que a possibilidade que me garantiram de alcançar este objetivo.

Ao Professor Doutor Mário Vairinhos, orientador da dissertação, pela sua fantástica disponibilidade, esforço e acompanhamento, ao longo de todo este trabalho.

À Dr.^a Maria João pela sua ajuda, preocupação e enorme disponibilidade em qualquer altura ao longo deste percurso.

À minha prima Rita Félix, por toda a ajuda que me deu quando tive mais dificuldades.

Ao Gabriel Loureiro pela ajuda na construção de uma peça de apoio para a Casula.

A todos os meus amigos que me acompanharam neste percurso académico e a sua presença fora do mesmo. Sem eles não seria o mesmo.

palavras-chave

museografia; realidade aumentada; narrativa; interação humano-computador.

resumo

De forma ao Museu de Aveiro conseguir comunicar a sua nova exposição sobre o tema dos bordados do século XVIII, foi identificada a necessidade de recorrer a formas de mediação tecnológica, isto por se tratar de um artefacto com um conjunto de características físicas de elevada complexidade, tornando-se difícil de as transmitir em contexto museográfico.

Para a desconstrução deste artefacto, que tem por natureza um elevado nível de sofisticação, ramificada em diferentes técnicas com conteúdos específicos, foi proposta ao Museu de Aveiro a criação de uma aplicação tecnológica de aumento da peça têxtil, comunicando-a de uma forma mais rica, objetiva e detalhada.

Na presente dissertação, será apresentado o trabalho de investigação focado no desenvolvimento de uma aplicação móvel de realidade aumentada, que auxilia a exposição de bordados presente no Museu de Aveiro. Como parte do processo de investigação, foi realizado um levantamento de requisitos técnicos e de design de interação, pelos quais a aplicação se deveria reger. Investigação esta que, suportada por uma metodologia de design centrado no utilizador, recorreu a um protótipo funcional como forma de recolha de dados junto dos gestores do museu, assim como dos potenciais utilizadores/visitantes.

Como resultado deste trabalho de investigação, foi concebida, desenvolvida e avaliada com utilizadores reais a prova de conceito de uma aplicação para dispositivos móveis, baseada em realidade aumentada, que permite a desconstrução das diferentes técnicas presentes no bordado em exposição no Museu de Aveiro, possibilitando mesmo analisar pormenores técnicos não visíveis a olho humano, para uma compreensão mais detalhada da peça.

keywords

museography; augmented reality; storytelling; human-computer interaction.

abstract

In order for the Aveiro's Museum to be able to communicate its new exhibition on the theme of eighteenth-century embroidery, it was identified the need to resort to forms of technological mediation, because it's an artifact with a set of physical characteristics of high complexity, making it difficult to convey in a museum context.

For the deconstruction of this artifact, which has by nature a high level of sophistication, branched out in different techniques with specific contents, it was proposed to the Museum of Aveiro the creation of a technological application of augmentation of the textile piece, communicating it in a more rich, objective and detailed way.

In this dissertation, there will be presented research work focused on the development of a mobile application based on augmented reality, which assists the exhibition of embroidery present in the Museum of Aveiro. As part of the research process, a survey of technical requirements and interaction design was carried out, for which the application should follow. This research, supported by a user-centered design methodology, used a functional prototype as a way of collecting data from museum managers as well as potential users/visitors.

As a result of this research work, a proof of concept of an application for mobile devices, based on augmented reality, was conceived, developed and evaluated by real users, allowing the deconstruction of the different techniques present in the embroidery on exhibition in the Museum of Aveiro, making it possible to analyze technical details not visible to the human eye, for a more detailed understanding of the piece.

Índice de Conteúdos

INTRODUÇÃO	1
<i>Problemática de investigação</i>	<i>2</i>
<i>Finalidades e objetivos</i>	<i>2</i>
<i>Pergunta de investigação</i>	<i>3</i>
<i>Estrutura do documento</i>	<i>4</i>
CAPÍTULO I – ENQUADRAMENTO TEÓRICO	7
1.1. INTERAÇÃO HUMANO-COMPUTADOR	8
1.1.1. Interface de linha de comandos.....	8
1.1.2. Interface gráfica de utilizador.....	8
1.1.3. Interface tangível do utilizador.....	10
1.1.4. Modelos de interação.....	16
1.1.5. Considerações finais.....	18
1.2. REALIDADE AUMENTADA.....	19
1.2.1. Conceitos de combinação do ambiente real com o virtual.....	20
1.2.2. Técnicas de combinação do real com o virtual	23
1.2.3. Processo de registo e rastreamento.....	25
1.2.4. Problemas na união de elementos virtuais e reais.....	27
1.3. MUSEOGRAFIA	29
1.3.1. Narrativa	29
1.3.2. Integração do visitante.....	29
1.3.3. Aplicação de tecnologia no museu	31
1.4. ESTADO DE ARTE.....	34
CAPÍTULO II – METODOLOGIA	42
2.1. Design Centrado no Utilizador.....	43
2.1.1. Usabilidade	45
2.2. Participantes no estudo	46
2.3. Técnicas e instrumentos de recolha de dados	46
2.4. Amostragem e tamanho de amostras.....	47
2.5. Fases de investigação	47
2.6. Resultados esperados	49
CAPÍTULO III – CASO DE ESTUDO	51
3.1. Descrição da peça	52
3.2. Soluções adotadas	56
CAPÍTULO IV – DESIGN FUNCIONAL E REQUISITOS TÉCNICOS	58
4.1. DESIGN FUNCIONAL	59
4.1.1. Prototipagem de baixa fidelidade	59
4.1.2. Especificação e requisitos para o desenvolvimento dos conteúdos	59
4.1.3. Núcleo expositivo.....	64

4.2.	DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO	67
4.2.1.	<i>Prototipagem de alta fidelidade</i>	67
4.2.2.	<i>Implementação Unity</i>	69
CAPÍTULO V – AVALIAÇÃO		73
5.1.	AVALIAÇÃO	74
5.1.1.	<i>Caracterização do teste</i>	74
5.1.2.	<i>Procedimentos</i>	75
5.1.3.	<i>Limitações</i>	76
5.1.4.	<i>Resultados obtidos</i>	77
5.1.5.	<i>Análise de resultados</i>	78
CAPÍTULO VI – CONCLUSÃO		84
6.1.	<i>Conclusões</i>	85
6.2.	<i>Análise Crítica</i>	86
6.3.	<i>Perspetiva de trabalho futuro</i>	88
BIBLIOGRAFIA		91
APÊNDICES		96
<i>Apêndice 1 – Mapa esquemático</i>		97
<i>Apêndice 2 – Resultados de Caracterização da amostra</i>		98
<i>Apêndice 3 – Resultados de avaliação de usabilidade</i>		100
<i>Apêndice 4 – Resultados de avaliação da pertinência</i>		102
<i>Apêndice 5 – Contextualização do teste ao protótipo de alta fidelidade</i>		104
<i>Apêndice 6 – Questionário pós-teste</i>		105

Índice de Figuras

Figura 1 - Ecrã CRT, painel de controlo, teclado e rato do On-Line System (English et al., 1965, p. 7)	9
Figura 2 - Graspable Interface, manipulação de um objeto virtual a partir de um objeto físico (Fitzmaurice et al., 1995, p. 1)	11
Figura 3 - Graspable Interface, manipulação de um objeto virtual a partir de dois objetos físicos, em simultâneo (Fitzmaurice et al., 1995, p. 2)	11
Figura 4 - Os quatro temas de interação baseadas na realidade (Jacob et al., 2008, p. 3)	12
Figura 5 - Urban planning workbench (2002)	14
Figura 6 - Padrão de interação MVC (Ullmer & Ishii, 2000, p. 917)	16
Figura 7 - Padrão de interação MCRpd (Ullmer & Ishii, 2000, p. 917)	17
Figura 8 - Continuum de Virtualidade (P Milgram & Kishino, 1994, p. 3)	19
Figura 9 - Extensão do conhecimento do mundo (P Milgram & Kishino, 1994, p. 9)	20
Figura 10 - Fidelidade de representação (P Milgram & Kishino, 1994, p. 11)	21
Figura 11 - Metáfora de extensão da presença (P Milgram & Kishino, 1994, p. 11)	22
Figura 12 – Solução ótica de visão através de um HMD (Azuma, 1997, p. 361)	23
Figura 13 – Solução ótica de visão fechada de um HMD (Azuma, 1997, p. 363)	24
Figura 14 – Solução vídeo através de monitor (Azuma, 1997, p. 363)	25
Figura 15 - Fiducial quadrado (Yan, 2015, p. 4)	26
Figura 16 - QR Code (Yan, 2015, p. 6)	26
Figura 17 - Integração do visitante no museu (Vairinhos, 2015, p. 118)	30
Figura 18 - Fluxo de conteúdos no museu (Simon, 2010, p. 2)	31
Figura 19 – Streetmuseum Fonte: (Daily Mail, 2014)	34
Figura 20 - IKEA Place Fonte: (Digiday UK, 2018)	35
Figura 21 - Skin & Bones Fonte: (Smithsonian National Museum of Natural History, 2015)	36
Figura 22 – Artlens – Criação de objeto de cerâmica Fonte: (The Cleveland Museum of Art, 2017)	37
Figura 23 – Artlens Fonte: (The Cleveland Museum of Art, 2017)	38
Figura 24 – Jinsha Site Museum (Aplicação RA) Fonte: (CGTN, 2017)	39
Figura 25 - Jinsha Site Museum (Experiência Virtual) Fonte: (CGTN, 2017)	39
Figura 26 - Modelos mentais e imagem do sistema, adaptado de (Norman, 1988)	45
Figura 27 – Casula do século XVIII	52
Figura 28 - Técnicas de bordado observadas sem recurso a instrumentos de ampliação	53
Figura 29 - Combinação de técnicas (Macrofotografia)	55
Figura 30 – Representações ilustrativas das técnicas do Cordãozinho, Lâmina, Bordado relevado, Canutilho, Seda matizada e Ponto de ouro estendido, respetivamente	60
Figura 31 - Representações ilustrativas de diferentes combinações de técnicas	61
Figura 32 - Pontos de deteção para registo de um fiducial	62
Figura 33 - Representações tridimensionais das técnicas do Cordãozinho, Lâmina, Bordado relevado, Canutilho, Seda matizada e Ponto de ouro estendido, respetivamente	63
Figura 34 - Animação de uma combinação de técnicas	63
Figura 35 - Disposição do núcleo expositivo	66
Figura 36 - Mapa esquemático completo (em apêndice)	67

Figura 37 – Secção descritiva do mapa esquemático.....	68
Figura 38 - Relação entre conteúdos	68
Figura 39 - Exemplificação de uso da aplicação	70
Figura 40 - Participante a testar a aplicação desenvolvida, no Museu de Santa Joana.....	76
Figura 41 - Exploração aproximada à tela.....	77

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Síntese das técnicas e materiais pertencentes à Casula	55
Tabela 2 - Caracterização da amostra	98
Tabela 3 - Avaliação da usabilidade	100
Tabela 4 - Avaliação da pertinência	102

Índice de Gráficos

Gráfico 1 – Resultados obtidos na questão B1 (nível de dificuldade sentida)	78
Gráfico 2 – Cruzamento das respostas A5 e B2	79
Gráfico 3 - Resultados obtidos na questão C1 (nível de interesse dos conteúdos)	80
Gráfico 4 – Resultados obtidos na questão B3 (Satisfação geral da experiência)	81

Índice de Siglas

CLI – *Command-Line Interface*

DCU – Design Centrado no Utilizador

GI – *Graspable Interface*

GUI – *Graphical User Interface*

HMD – *Head Mounted Display*

IDE – *Integrated Development Environment*

IHC – Interação humano-computador

MCRpd – *Model Control Representation, physical and digital*

MVC – *Model View Controller*

RA – Realidade Aumentada

RM – Realidade Mista

SDK – *Software development kit*

TUI – *Tangible User Interface*

VA – Virtualidade Aumentada

WIMP – *Window Icon Mouse Pointer*

Introdução

O conceito de museu na antiguidade, para além de espaço de contemplação e discussão, está relacionado com a preservação de objetos, que na época eram essenciais transmissores de conhecimento. A recolha de objetos tinha então um papel fundamental no processo de transmissão do saber. Ao longo do tempo houve uma evolução na função dos museus, que passaram de exclusivamente preservar objetos, a ser também um meio de interpretação dos mesmos (Lewis, 1992). Atualmente o conceito de museu pode ser definido, segundo o Conselho Internacional de Museus (ICOM), como: “Um museu (...) adquire, conserva, estuda, expõe e difunde o património material e não-material da humanidade e o seu ambiente com fins de estudo, educação e lazer.”

Como parte do desenvolvimento do conceito de museu, atualmente procura-se refinar uma das características relativamente mais recentes dos mesmos – a interpretação das peças artísticas. A desmitificação das obras pode ser feita por um grande conjunto de técnicas narrativas, desde a simples explicação escrita adjacente à peça, até ao guia do museu ou mesmo pela própria exploração do visitante, auxiliado por uma aplicação tecnológica.

Tendo o presente documento foco em aplicações tecnológicas como forma de interação com exposições museológicas, é importante clarificar a influência do paradigma de Interação humano-computador (IHC) na transmissão da mensagem entre intervenientes, com especial atenção no uso de tecnologia baseada em Realidade Aumentada (RA).

Desta forma, o presente trabalho de dissertação visa explorar a procura de novas estratégias de representação visual, aplicadas a um caso real do Museu de Aveiro (com o qual a Universidade de Aveiro tem um protocolo de colaboração), onde se pretende melhorar a comunicação de uma peça têxtil através de soluções de tecnologia sustentada em RA.

Problemática de investigação

De forma ao museu de Aveiro conseguir comunicar a sua nova exposição sobre o tema dos bordados do século XVIII, foi identificada a necessidade de recorrer a meios de mediação tecnológica para a desconstrução expositiva dos mesmos, isto por se tratar de um agregado de artefactos com um conjunto de características físicas de elevada complexidade, tornando-se difíceis de transmitir em contexto museográfico. Estes artefactos, que têm por natureza um elevado nível de sofisticação, ramificada em diferentes técnicas com conteúdos específicos, chegam mesmo a ter atributos apenas perceptíveis recorrendo a ampliações de cerca de 100 vezes.

Tendo em conta as características particulares dos bordados, as aplicações tecnológicas de aumento de objetos surgem então como solução para o melhoramento do processo expositivo de peças têxteis. Possibilita-se assim através destas aplicações, a exposição das peças museológicas através da sua representação digital - fiel à peça real - que têm como principal vantagem permitir um nível de interação e manipulação superior. Esta interação costuma ser mínima/limitada quando se trata de peças expostas em museus, que frequentemente não permitem o toque ou a sua aproximação que seria necessária para uma contemplação em maior escala dos detalhes e pormenores, muitas vezes por razões óbvias de segurança e preservação dos artefactos.

O desenvolvimento de uma aplicação de RA cujo o objetivo é permitir uma visualização dos detalhes, por vezes microscópicos, e da complexidade que advém da diversidade de técnicas usadas na arte de bordar, enfrenta um conjunto de desafios não apenas de natureza conceptual, ao nível da interação e interface com o visitante, mas também de natureza técnica e museográfica.

Finalidades e objetivos

No âmbito da dissertação, será apresentado o trabalho de investigação focado no desenvolvimento de uma aplicação mobile de Realidade Aumentada (RA), que auxilia a exposição de bordados presente no Museu de Santa Joana, da Cidade de Aveiro. De forma a garantir o seu bom desenvolvimento deverão ser alcançados os seguintes objetivos.

Objetivos Gerais:

- Analisar o estado de arte da implementação de tecnologias baseadas em realidade aumentada em contexto museológico;

- Desenvolver uma aplicação móvel de RA que comunique de forma mais clara e pormenorizada a exposição de bordados do museu de Aveiro;
- Avaliar o funcionamento do protótipo em contexto real da sua utilização, por utilizadores finais.

Objetivos específicos:

- Levantamento de requisitos técnicos para a aplicação;
- Levantamento de requisitos funcionais para aproximação ao *design* centrado no utilizador e *design* da experiência;
- Corrigir erros detetados pela utilização da aplicação por utilizadores finais.

Pergunta de investigação

A revisão de literatura idealmente leva a que o investigador fomente uma ou mais perguntas de investigação, que são tomadas com bastante importância na ligação entre o estudo a levar a cabo com a literatura lida (Gray, 2013).

Desta forma, após leitura de autores de referência e estudos na área, foi formulada a seguinte pergunta orientadora da investigação:

Que desafios técnicos, funcionais e de interação se devem ter em conta na implementação de uma tecnologia baseada em realidade aumentada, para o enriquecimento da narrativa de uma exposição museológica?

Procura-se então conseguir-se identificar os diferentes requisitos tecnológicos a nível de características de dispositivo e desenvolvimento da aplicação móvel, assim como os requisitos funcionais e princípios de usabilidade que devem ser fundamentais numa aplicação deste cariz. Tudo isto sem nunca deixar para segundo plano o verdadeiro propósito da aplicação, que não é o uso e exploração da mesma, mas sim a aumentação da força narrativa de uma exposição museológica.

Estrutura do documento

O presente documento de dissertação encontra-se separado em seis capítulos, sendo eles:

- Capítulo I – Enquadramento Teórico;
- Capítulo II – Metodologia;
- Capítulo III – Caso de Estudo;
- Capítulo IV – Design Funcional e Requisitos técnicos;
- Capítulo V – Avaliação;
- Capítulo VI – Conclusão.

O capítulo do enquadramento teórico (Cap. I) encontra-se dividido pelas diferentes disciplinas: Interação Humano-computador (1.1.), Realidade aumentada (1.2.), Museografia (1.3.), terminando com uma análise do Estado de arte (1.4.).

Inicialmente é dada uma breve noção de IHC e posteriormente apresentado o processo de evolução dos paradigmas de interação com a máquina, desde as interfaces mais primitivas de linhas de comandos até à chegada às interfaces tangíveis. Interfaces tangíveis que, tendo maior ponderação na investigação a produzir, são detalhadas ao pormenor através de análise das suas principais vantagens, limitações e modelo de interação.

O tópico de realidade aumentada apresenta conceitos operatórios da Realidade Virtual (RV), técnicas de Realidade Mista (RM), assim como problemas técnicos inerentes à sua implementação.

No terceiro tópico, é abordada a disciplina da museografia, em que são apresentados conceitos de narrativa e integração do visitante, assim como é discutido o uso de tecnologias digitais na experiência de exploração de espaços museológicos.

Para finalizar o capítulo, é feito um levantamento do estado de arte da tecnologia e da sua aplicação em contexto museográfico.

No capítulo da metodologia (Cap. II) são abordados conceitos referentes aos métodos de desenvolvimento adotados, assim como a planificação do trabalho prático por fases de investigação.

No terceiro capítulo, do Caso de estudo (Cap. III), surge a observação empírica em que se procura analisar pormenorizadamente a peça sobre o qual este documento de dissertação se fundamenta.

O capítulo do design funcional (Cap. IV) é descrito o processo de criação dos conteúdos, assim como que a chegada às soluções a implementar no desenvolvimento do protótipo final.

Após a criação do protótipo sucede a avaliação (Cap. V), em que são descritos os dados recolhidos através de testes a utilizadores finais, assim como que a sua análise detalhada.

Como forma de reflexão sobre o trabalho desenvolvido, no capítulo VI são apresentadas as conclusões, onde é também feita uma análise crítica e perspectivado trabalho futuro.

CAPÍTULO I

Enquadramento Teórico

1.1. Interação Humano-computador

A IHC é o estudo focado em analisar a interação entre o Homem e a máquina, nomeadamente a forma como esta influencia o trabalho e atividades humanas (Dix, 2016). A comunicação entre estes dois atores pode-se dar com um único sentido, no entanto, a mais comum e com maior interesse para o caso é a comunicação para as duas direções. Para que exista esta comunicação bidirecional entre o homem e a máquina é necessária uma interface - que medeia e comunique o estado do sistema - assim como um ou mais dispositivos de entrada de dados que forneçam formas de o utilizador inserir ou manipular informação. Mediante o tipo de atividade a que o sistema se destina, é que são desenvolvidas as interfaces e disponibilizados os dispositivos de entrada e saída de dados (Sharp, Rogers, & Preece, 2007).

Como forma de se realizar a comunicação e interação entre Homem e máquina, ao longo dos anos foram sendo estudados e desenvolvidos diferentes paradigmas de troca de informação entre ambos. Uma das grandes tendências verificadas na evolução dos paradigmas de interação com a máquina é a passagem de se priorizar fortemente a computação, para se priorizar a apresentação (Raymond, 2003).

1.1.1. Interface de linha de comandos

O modelo de interação de interfaces de linha de comandos (CLI – do Inglês *Command-Line Interface*), assentava numa série de realização de pedidos em forma de texto, com uma sintaxe específica, introduzidos a partir de um teclado como dispositivo de entrada de dados (Raymond, 2003). A partir destes pedidos eram comunicadas de volta as respostas processadas, através da interface de utilizador da máquina. Durante mais de uma década a troca de informação entre o computador e o seu operador persistiu nestas interfaces de linha de comandos, baseadas unicamente em caracteres de texto como forma de executar ações e receber *feedback*. Um dos problemas inerentes à interação com estes sistemas é que eles necessitavam de um grande conhecimento técnico, devido às ações que se realizavam não serem de todo intuitivas ou explícitas (Raymond, 2003).

1.1.2. Interface gráfica de utilizador

Douglas Engelbart foi um dos mais importantes impulsionadores na área da IHC, pela sua investigação na procura de métodos de melhoramento de capacidades humanas de composição e edição de texto, suportado por computador (Engelbart, 1962). Foi através do

seu trabalho que se desenvolveu o rato, um dispositivo de entrada de dados ainda comum nos dias de hoje. Este permitia então simular no ecrã CRT (Figura 1) o movimento da mão do utilizador e, modalidade essa que provocava menos fadiga do que se o utilizador literalmente apontasse no ecrã desprovido de rato. O rato tinha então a função de seleccionar entidades de texto que os comandos deviam processar, o teclado introduzia sequencias de caracteres denominados operadores, e o painel de controlo de catorze botões era uma alternativa à introdução de dados por teclado, usado para operadores frequentemente utilizados. (English, Engelbart, & Huddart, 1965)



Figura 1 - Ecrã CRT, painel de controlo, teclado e rato do On-Line System (English et al., 1965, p. 7)

Com base neste desenvolvimento, a empresa Xerox PARC teve esta também um grande impacto na investigação da área de IHC, pela criação do sistema de interação revolucionário para a época – janela ícone menu ponteiro (WIMP, do Inglês *Window-Icon-Menu-Pointer*) (Dix, 2016). Pela primeira vez um sistema computacional dispôs de formas de interação com a máquina através de representações gráficas virtuais, manipuláveis por rato e teclado, baseadas em janelas, ícones, menus e ponteiro – a metáfora da secretária. Uma interface WIMP consistia então em janelas que continham aplicações, objetos seleccionáveis e menus de ações, tudo isto com uma respetiva representação gráfica num espaço virtual/monitor (Beaudouin-Lafon, 2000).

Este método de interação marcou o início das interfaces gráficas do utilizador (GUI, do Inglês *Graphical User Interface*), que consistem em elementos gráficos para representação de ações, estados e resultados, sendo este tipo de interface ainda influente na comunicação com os nossos dispositivos tecnológicos. Uma grande vantagem destes sistemas é que são bastante mais intuitivos e fáceis de aprender, por exemplo, para

executar uma ação de mover um ficheiro para outro diretório é muito mais fácil de executar esta ação arrastando o ícone respetivo, do que ter de se lembrar e escrever um comando específico para a realização desta tarefa (LINFO, 2004). Para além da intuição e facilidade de aprendizagem, as GUI apresentam a grande vantagem de darem resposta imediata a cada ação do utilizador – *feedback* – o que permite a que este esteja sempre a par do estado do sistema e das suas ações, algo que não sucedia nas CUI, onde os comandos eram simplesmente executados sem haver qualquer resposta por parte da máquina a essa ação (LINFO, 2004).

1.1.3. Interface tangível do utilizador

O conceito de interfaces tangíveis do utilizador surgiu após o claro domínio das interfaces GUI. A partir da identificação de que as formas de interação desenvolvidas até à data restringiam os utilizadores do seu ambiente natural, o objetivo de uma nova forma de interação seria tornar a interação com a máquina algo mais natural, sem ser necessário “entrar no mundo virtual” para se interagir com ela. Em vez de ser o homem a adaptar-se à funcionalidade da máquina, esta é que deveria adaptar-se ao nosso mundo real com as suas funcionalidades digitais, sendo assim aproveitada a riqueza da interação física natural como forma de interação com a informação digital. (Shaer, 2009).

Os nascimento do paradigma de interação das interfaces tangíveis do utilizador (TUI, do Inglês *Tangible User Interface*), surgiu com a introdução da noção de *Graspable Interface* (GI) por Fitzmaurice et al. (Fitzmaurice, Ishii, & Buxton, 1995). Foi criado então um sistema de manuseamento de objetos digitais através de “pegas” de madeira (Figura 2) que permitia uma manipulação de informação mais direta, por ser feita através de movimentos e ações no espaço físico. Uma das vantagens desde já atribuída a este sistema primitivo é que permitia o uso em simultâneo das duas mãos na manipulação da informação (Figura 3) (Shaer, 2009).

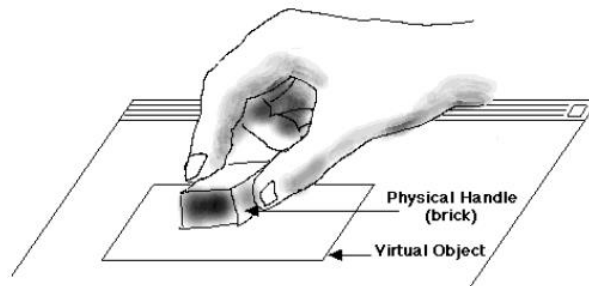


Figura 2 - Graspable Interface, manipulação de um objeto virtual a partir de um objeto físico (Fitzmaurice et al., 1995, p. 1)

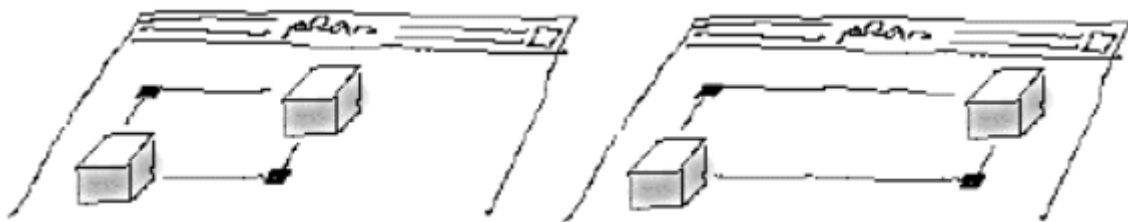


Figura 3 - Graspable Interface, manipulação de um objeto virtual a partir de dois objetos físicos, em simultâneo (Fitzmaurice et al., 1995, p. 2)

Anos depois e baseado no conceito de GI, Hiroshi Ishii desenvolveu e apresentou o conceito de Bits Tangíveis, que visava tornar a informação digital “diretamente acessível e manipulável, usando o mundo real como representação e meio de manipulação”, podendo então todo o mundo tornar-se numa interface (Ishii & Ullmer, 1997, p. 1). Os objetos físicos podiam então estar associados a informação digital, daí o termo de Bits Tangíveis.

“GUIs fall short of embracing the richness of human senses and skills people have developed through a life- time of interaction with the physical world. Our attempt is to change ‘painted bits’ into ‘tangible bits’ by taking advantage of multiple senses and the multimodality of human interactions with the real world. We believe the use of graspable objects and ambient media will lead us to a much richer multi-sensory experience of digital information.”

(Ishii & Ullmer, 1997, p. 7)

Foi através da tomada de consciência de que os GUI eram limitados na forma como se adaptam e relacionam à nossa forma de interação natural com o mundo físico, que inspirou

o desenvolvimento do conceito de Bits Tangíveis como forma de experienciar a informação digital de forma mais rica através de vários sentidos. O termo de Bits Tangíveis levou consequentemente ao desenvolvimento da noção mais avançada da forma de interação das GI – as interfaces tangíveis do utilizador (TUI).

A grande diferença conceptual entre estas e o seu antecessor é que o conceito GI apresentava apenas os objetos do mundo real como forma de manipular e interagir com o sistema virtual, enquanto que as TUI já continham a noção do objeto manipulador de informação ser ele próprio também uma representação de informação digital (Shaer, 2009). Ou seja, enquanto que o termo GI significava uma ferramenta de manipulação da informação, o termo TUI exprimia simultaneamente o objeto tangível como ferramenta de interação, mas também de representação da informação.

De forma a uniformizar os diferentes estilos de interação emergentes a partir desta nova forma de interação humano-computador, Jacob et al. (2008), propôs quatro temas de interação com o mundo real (Figura 4) que deviam ser considerados na criação de experiências de interação:

- Física do mundo (1) – o conhecimento comum sobre o funcionamento do mundo físico;
- Técnica e coordenação do corpo (2) – a coordenação do corpo na execução de atividades;
- Perceção e habilidade no ambiente envolvente (3) – a perceção do ambiente envolvente e a habilidade de se movimentar neste;
- Perceção e habilidade social (4) – a perceção de outras pessoas a partilhar o mesmo ambiente e a habilidade de interagirem entre si;

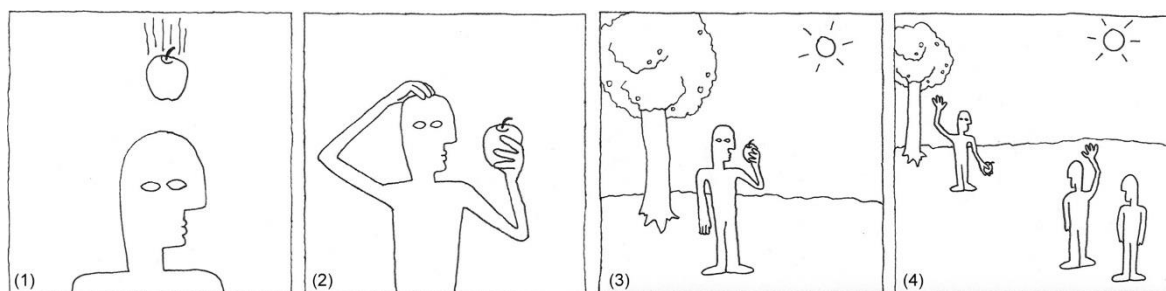


Figura 4 - Os quatro temas de interação baseadas na realidade (Jacob et al., 2008, p. 3)

Ao serem considerados estes fatores no desenvolvimento de novas experiências de interação é mais fácil garantir que estas tenham sucesso, pois se a interação for baseada neste conjunto de conhecimento e habilidades pré-existentes do mundo não digital, o esforço necessário para a interação com o sistema vai ser significativamente menor (Jacob et al., 2008).

Principais vantagens das TUI

Sendo a finalidade de uma interação humano-computador o auxílio no atingimento de uma tarefa, faz todo o sentido afirmar que dependendo da natureza da tarefa em questão, o método de interação que melhor a suporta pode variar (Shaer, 2009). A escolha da forma de interação deve então ser bem considerada dependendo do seu objetivo, contexto, área de aplicação e utilizadores finais.

Uma das formas para realização desta deliberação é pela análise das vantagens inerentes às interfaces tangíveis, que se dividem nos principais tópicos:

- Qualidade convidativa;
- Colaboração;
- Localização no espaço;
- Multiplexação espacial.

Um diferenciador identificado logo à partida é a qualidade convidativa que estas interfaces oferecem quando comparadas com interfaces baseadas em rato-ecrã, obtendo mesmo um maior número de utilizadores quando presentes em contexto de museu (Horn, Solovey, Crouser, & Jacob, 2009). O recurso a aptidões já desenvolvidas na interação com o mundo real, mas neste caso utilizadas para interação com o sistema, facilita a aprendizagem da interação e torna o sistema mais convidativo de ser explorado.

A colaboração surge igualmente como uma divergência significativa em relação a outras interfaces. As TUI permitem múltiplos pontos de acesso à manipulação da informação, o que possibilita uma interação com ambas as mãos e até mesmo a vários partícipes em simultâneo (Shaer, 2009) – algo completamente diferente relativamente ao método de interação WIMP, em que a manipulação de informação é feita de forma sequencial e ordenada.

Outra característica inerente às interfaces TUI é a sua presença no espaço real, por não se limitarem a ter uma existência num ecrã, formam então parte do ambiente enquanto aplicações físicas e produtos (Figura 5). Isto quer dizer que estes objetos podem mudar de contexto dependendo do ambiente em que estão inseridos, ou inversamente, modificar o significado do local (Shaer, 2009).



Figura 5 - Urban planning workbench (2002)¹

A característica de multiplexação espacial refere-se à existência de diferentes objetos físicos que representam diferentes funções ou conjuntos de dados, que podem ser manipulados em simultâneo. Dá-se então uma multiplexação (transmissão de várias mensagens, de origens ou destinos diferentes, numa única via, por imbricação no tempo (Priberam, 2013)) no espaço físico, em oposição a interfaces gráficas – GUI – em que a transmissão de mensagens é executada de forma sequencial. Assim, a multiplexação espacial resulta num maior desempenho na interação com a informação digital, do que numa interação baseada na multiplexação do tempo característica das GUI (Fitzmaurice, 1996).

“With space-multiplex input, each function is controlled with a dedicated transducer, each occupying its own space. Each transducer can be accessible independently but also simultaneously(...) In contrast, time-multiplex input uses one device to control different functions at different points in time.” (Fitzmaurice, 1996, p. 9)

¹ Retrieved from <http://www.guillaumeriviere.name/collection/tui.html> (2017)

Limitações das TUI

Existem, no entanto, um número de limitações associadas a interfaces tangíveis que não devem ser ignoradas, e que são globalmente descritas no seguinte desafio enunciado por Ullmer & Ishii (2000):

“Such systems require a careful balance between physical and graphical expression to avoid physical clutter, and to take advantage of the contrasting strengths of different representational forms. This balance between physical and digital representations stands as one of TUI’s greatest design challenges.” (Ullmer & Ishii, 2000, p. 10)

Podem-se identificar as limitações mais pertinentes de forma mais detalhada, descritas de seguida:

- Escalabilidade;
- Versatilidade e maleabilidade;
- Fadiga do utilizador.

A talvez maior limitação das TUI, reside no problema que estas têm de serem escaláveis para problemas de maiores dimensões, envolvendo problemas mais complexos, com maior número de parâmetros e conjuntos de informação maiores. Tem de ser considerado que como a interface tangível dispõe de elementos presentes em contexto físico, representações maiores ocupam mais espaço, enquanto que numa interface gráfica o espaço, sendo digital, é ajustável mediante a necessidade (Shaer, 2009).

O problema da versatilidade e maleabilidade refere-se à existência física dos objetos pertencentes a interfaces tangíveis, que são rígidos e estáticos, em contraposição aos objetos digitais, que são maleáveis, fáceis de criar, modificar, replicar e distribuir. Isto resulta em que os objetos da TUI sejam de difíceis de adaptar a outros contextos de aplicação, criar e replicar, ou seja, permanecem com uma função específica (Poupyrev, Nashida, & Okabe, 2007). Uma limitação ainda referente a este tema surge na versatilidade do sistema em assumir diferentes funções, pois geralmente estão idealizados para apenas realizar ações específicas, contrariamente aos GUI que permitem executar as mais variadas ações de diferentes áreas de aplicação (Shaer, 2009).

Por último, surge o ponto negativo da geração de fadiga no utilizador, que no seu ato de interação com a interface, causa cansaço físico pela movimentação de objetos com peso e características aparentemente desprezíveis a este nível, mas que ao fim de interações um pouco mais prolongadas revelam-se importantes (Shaer, 2009).

1.1.4. Modelos de interação

A forma como interagimos com as diferentes interfaces depende dos dispositivos de entrada e saída de dados disponíveis. Enquanto que numa interface GUI podemos ter o método de interação WIMP, em que dispomos de rato e teclado como dispositivos de entrada de dados, uma interface TUI pode-se limitar à manipulação de um ou mais objetos, no espaço físico, com a finalidade de executar ações sobre a informação digital.

Estas diferentes formas de interação podem ser esquematizadas a partir de dois modelos: o MVC (*Model-View-Controller*) para interfaces GUI, e o MCRpd (*Model-Control-Representation physical and digital*) para interfaces TUI.

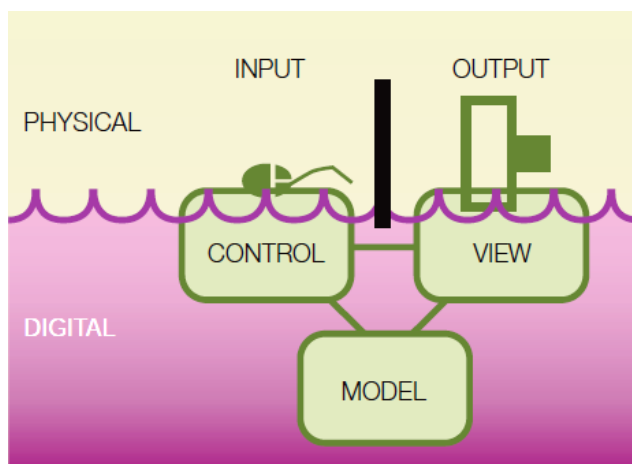


Figura 6 - Padrão de interação MVC (Ullmer & Ishii, 2000, p. 917)

O padrão MVC (Figura 6) é ilustrado com uma clara separação entre o módulo de Controlo, mediado pelos dispositivos de entrada de dados, e o módulo de Visualização, facultada pelo monitor como dispositivo de saída de dados (Ullmer & Ishii, 2000). As ações executadas pela inserção ou manipulação de dados - *inputs* - têm de passar pelo Modelo de resposta à ação, para que exista um *feedback* visível no dispositivo de visualização.

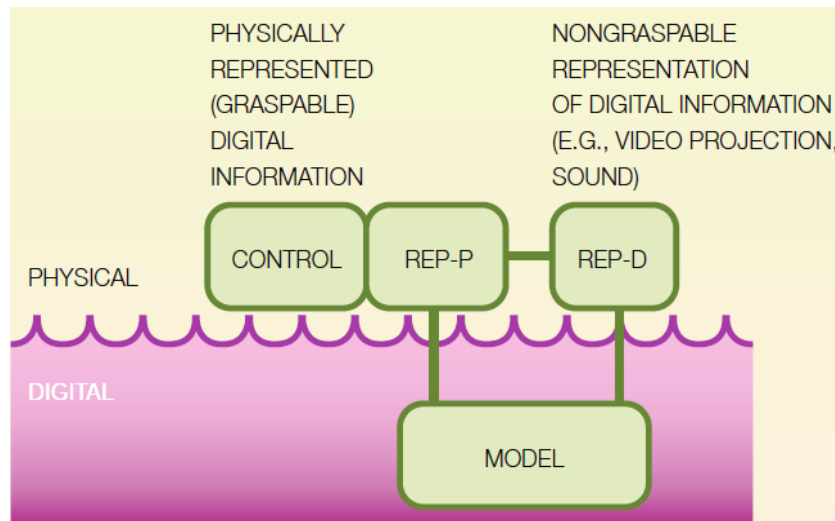


Figura 7 - Padrão de interação MCRpd (Ullmer & Ishii, 2000, p. 917)

O padrão MCRpd (Figura 7) mantém os módulos de Controlo e de Modelo, no entanto, o módulo de Visualização encontra-se dividido em duas componentes:

- Rep-p – Representação física, traduzindo-se nos artefactos que constituem a interface tangível;
- Rep-d – Representação digital, composta pelo conjunto de componentes mediadas por computador que apenas possuam representação digital.

O módulo de Controlo e Rep-p surgem então juntos, devido ao facto de os artefactos numa interface tangível terem a função de simultaneamente controlar a manipulação de dados e representar a informação digital (Ullmer & Ishii, 2000).

As interfaces tangíveis podem assim ser resumidas, segundo Ullmer & Ishii (2000), pelas seguintes características chave:

- As representações físicas (Rep-p), estão ligadas com a informação digital presente no Modelo;
- As representações físicas (Rep-p) são compostas também por mecanismos de controlo na interface;

- As representações físicas (Rep-p) são perceptualmente coerentes com as representações digitais (Rep-d);
- Os estados dos objetos tangíveis representam também o estado digital do sistema.

1.1.5. Considerações finais

Os paradigmas de interação ao longo do seu desenvolvimento, têm cada vez mais atendido à procura de uma forma de interagir com a máquina de forma mais natural, mais próxima da do mundo físico e psicológico do utilizador, quer pela introdução do rato, introdução do paradigma de interação gráfico, ou tangível. De forma a auxiliar a integração de informação digital no ambiente real para melhoramento da informação, interatividade e subjacente interesse relativamente ao exposto (Zhang, Chu, Ji, Ke, & Li, 2014), surgem então tecnologias baseadas em realidade aumentada, que auxiliam paradigmas de interação com a informação digital.

1.2. Realidade aumentada

O conceito de RA está inserido no que Milgram e Kishino (1994) definem como *continuum* de virtualidade (Figura 8). *Continuum*, segundo o dicionário de Inglês de Oxford, é definido como “uma sequência contínua em que os elementos adjacentes não são perceptivelmente diferentes uns dos outros, mas os extremos são bastante distintos” (Oxford University Press, 2011). Ou seja, o *continuum* de virtualidade é uma sequência de níveis de presença de elementos virtuais, em que num extremo estes são inexistentes e apenas existe o ambiente real, e no outro todo o mundo é composto por elementos virtuais.

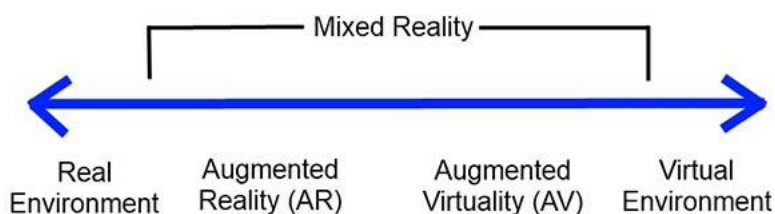


Figura 8 - Continuum de Virtualidade (P Milgram & Kishino, 1994, p. 3)

O extremo do *continuum* de Ambiente Real segue obrigatoriamente as leis da física do mundo real, enquanto que o oposto, do Ambiente Virtual, o participante é imergido num mundo completamente sintético, não real, em que observa e interage, e em que o mundo pode ou não respeitar as propriedades físicas e temporais do ambiente real (Paul Milgram, Takemura, Utsumi, & Kishino, 1994).

É entre estes dois extremos do *continuum* de virtualidade que se situa o conceito de realidade mista RM, subdividida em AR e em Virtualidade Aumentada (AV, do Inglês *Augmented Virtuality*). RM consiste assim na conjugação entre elementos do mundo real e elementos do mundo virtual, apresentados num dispositivo de visualização. RA é nesse caso um ambiente de combinação de elementos reais com elementos virtuais, onde há predominância dos elementos reais, e VA o seu oposto, predominância dos elementos virtuais em relação aos reais.

A AR trata-se então de uma possibilidade de interação entre o homem e a máquina, onde há sobreposição de informação gerada por computador no ambiente real (Reinhart & Patron, 2003).

De forma a esclarecer a diferença entre elementos reais e elementos virtuais, podemos considerar os elementos reais como aqueles que têm uma existência objetiva, independentemente de serem visualizados diretamente ou através de uma sintetização dos mesmos (exemplo: gravação em vídeo de um ambiente real), e os elementos virtuais como aqueles que têm uma existência simulada, numa forma não física (P Milgram & Kishino, 1994).

1.2.1. Conceitos de combinação do ambiente real com o virtual

Para compreender a possibilidade de se conjugarem dois mundos de características diferentes, é necessário ter noção dos conceitos de “extensão do conhecimento do mundo”, “fidelidade de reprodução” e “metáfora de extensão da presença”, definidos por Milgram e Kishino (1994).

Extensão do conhecimento do mundo

Há uma necessidade de o sistema conhecer os objetos presentes nos dois mundos, em que o número de objetos relativos ou a proporção de pixéis não são suficientes. O computador terá um maior nível capacidades o quanto mais conhecer sobre os elementos presentes no virtual e real.

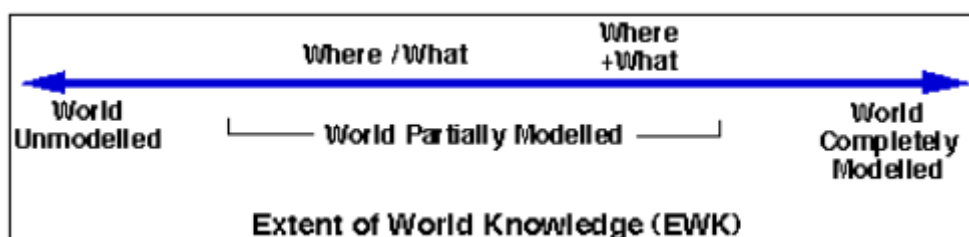


Figura 9 - Extensão do conhecimento do mundo (P Milgram & Kishino, 1994, p. 9)

No caso extremo de o sistema não ter qualquer informação sobre o mundo a ser mostrado, é definido na escala de extensão do conhecimento do mundo (Figura 9) como um mundo não modelado. O sistema pode, no entanto, representar esse mundo, apenas não possui nenhuma informação sobre o mesmo. Opostamente, quando o computador possui toda a informação sobre o ambiente e os seus objetos, define-se que é um mundo completamente modelado, natural das experiências em ambiente totalmente virtual.

Valores intermédios na escala de extensão de conhecimento do mundo, significam o parcial conhecimento do sistema sobre os objetos do ambiente. Um dos critérios é o conhecimento da posição do objeto, em que o sistema possui informação sobre a posição espacial do mesmo, em forma de coordenadas. Outro critério está presente no conhecimento do que é o objeto, em que o sistema dispõe de informação acerca deste, mas não sabe a sua posição espacial (P Milgram & Kishino, 1994).

Quanto mais extenso for o conhecimento do ambiente pelo sistema, maior quantidade de informação pode ser relacionada e manipulada por este, possibilitando experiências mais completas.

Fidelidade de reprodução

Fidelidade de reprodução alude à qualidade com que a imagem dos objetos é reproduzida pelo dispositivo de saída de dados – ecrã – em relação ao que realmente está a ser sintetizado. Isto é, mede o quão fiel é a reprodução pelo ecrã em relação ao que é sintetizado pelo sistema (P Milgram & Kishino, 1994).

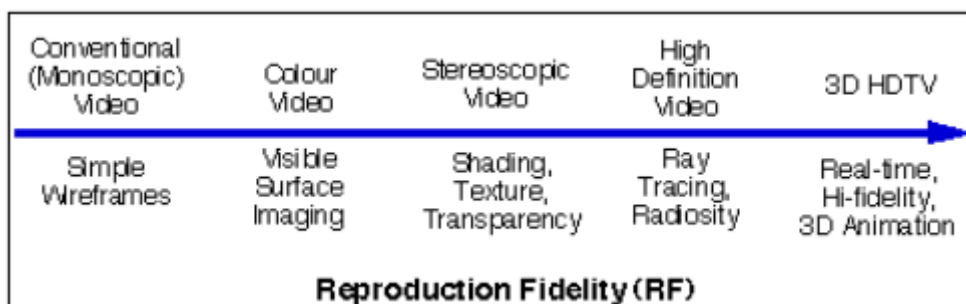


Figura 10 - Fidelidade de representação (P Milgram & Kishino, 1994, p. 11)

A Figura 10 representa então a comparação da evolução tecnológica dos dispositivos de reprodução de imagem, com as técnicas de modelação e renderização do computador. Esta dimensão possui o então o propósito de avaliar o realismo de ambientes de RM, em relação aos dispositivos de representação de imagem.

Metáfora de extensão da presença

O último conceito enunciado por Milgram (1994), é a metáfora de extensão da presença (Figura 11), que visa avaliar o nível da ilusão de que o observador está presente no mundo apresentado. A escala vai desde a exemplificação de se visualizar o mundo através de um

único ponto de vista e por uso de apenas um olho (*monoscopic imaging*), até ao extremo ideal em que se está completamente imergido no mundo e que não se consegue distinguir as sensações visuais relativas a experiências de visualização não mediadas (Paul Milgram et al., 1994).

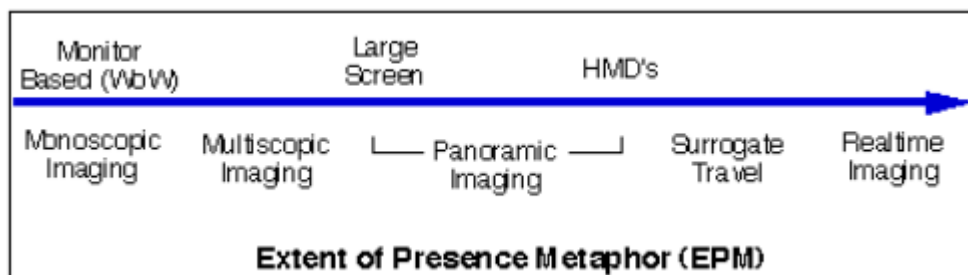


Figura 11 - Metáfora de extensão da presença (P Milgram & Kishino, 1994, p. 11)

Aplicação prática dos conceitos

Transpondo estes três eixos para o contexto de desenvolvimento de uma aplicação de RA, pode-se então identificar a forma como cada um deles é relevante para a conjugação do ambiente real com o virtual.

Primeiramente, ao nível da extensão do conhecimento do mundo, é necessário que a aplicação a desenvolver consiga identificar pontos específicos sobre os quais deverá sobrepôr elementos virtuais, através do processo de registo e rastreamento (abordado mais à frente - 2.2.1). A aplicação tendo informação da posição destes pontos específicos dispõe então da informação de um mundo parcialmente modelado, sobre o qual consegue conjugar os elementos reais e os elementos virtuais.

O conceito de fidelidade de reprodução, nos tempos atuais, é cada vez um problema menor, dado o avanço progressivo na qualidade da tecnologia de reprodução. Existem dispositivos cada vez mais capazes de apresentar com um grande nível de fidelidade os conteúdos sintetizados. Um *smartphone* atual tem mesmo a capacidade de representar animações tridimensionais, em tempo real, e com elevado rigor ao pormenor gráfico.

Por fim, a metáfora de extensão da presença, em situação ideal seria o uso de tecnologia que permitisse a imersão total do utilizador no ambiente de RM, de forma a que este não fizesse a distinção das sensações provenientes de constituintes virtuais e reais. Não sendo exequível em termos práticos a criação de uma experiência deste cariz, a alternativa reside

pelo desenvolvimento da aplicação baseada em imagem panorâmica, recorrendo ao ecrã de um *smartphone*.

1.2.2. Técnicas de combinação do real com o virtual

O método como se combinam os elementos reais com elementos virtuais tem diferentes formas de ser realizado, dividido em métodos óticos e métodos baseados em vídeo.

Optical see-through

Soluções óticas de visão através de um HMD (*Head Mounted Displays*) baseiam-se em dispositivos que mantêm a visão do mundo real por parte do utilizador, mas que, no entanto, adicionam elementos virtuais no seu campo de visão. Este tipo de soluções assentam-se em dispositivos HMD, em que os elementos virtuais são inseridos em combinadores óticos (óculos especializados), e o seu utilizador observa os elementos reais pela sua visão através do dispositivo e os elementos virtuais pela sua sobreposição no visor (Azuma, 1997) (Figura 12).

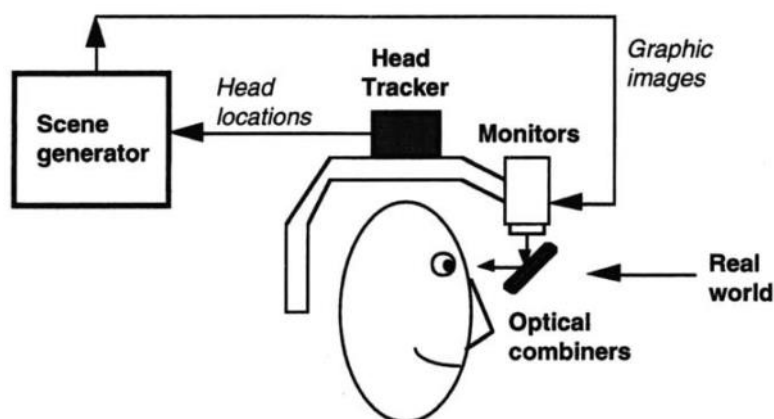


Figura 12 – Solução ótica de visão através de um HMD (Azuma, 1997, p. 361)

Os elementos virtuais são processados a partir da informação recebida pelo rastreamento do movimento do utilizador, e depois projetados para os combinadores óticos colocados em frente aos olhos do utilizador.

Video see-through

Outra solução comum é a conjugação entre o ambiente virtual e ambiente real por técnicas de visualização por vídeo. Neste caso o ambiente real não é diretamente visto pelo utilizador, mas sim primeiramente captado por uma ou duas câmaras que simulam o que seria a visão da pessoa. Essa captação de vídeo do ambiente real é então combinada com os elementos virtuais processados, e a resultante dessa combinação é que é apresentada ao utilizador (Azuma, 1997) (Figura 13).

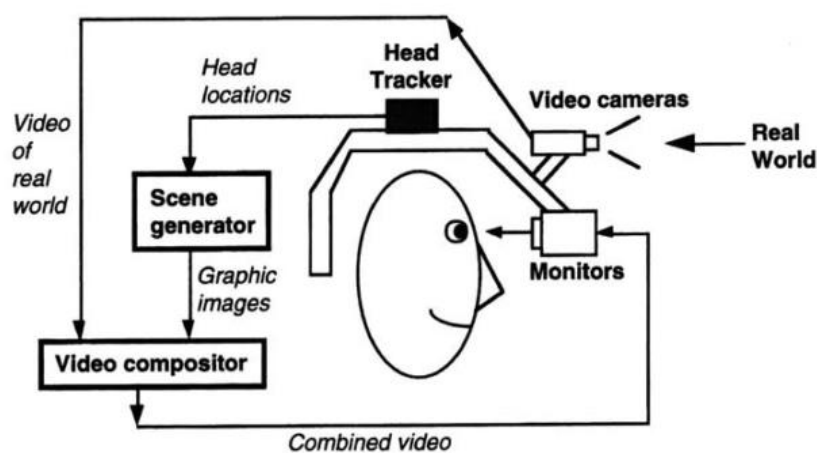


Figura 13 – Solução ótica de visão fechada de um HMD (Azuma, 1997, p. 363)

Baseado em monitor

A técnica de visualização por vídeo pode ser adaptada para observação a partir de monitor. Existe igualmente uma captação do ambiente real por parte de câmaras, em movimento ou de forma estática, e um posterior processamento de conjugação de elementos virtuais sobre a filmagem do ambiente real. A resultante deste processo em vez de ser apresentado em visualizadores diretamente em frente aos olhos do ecrã, é sim exibido num monitor (Figura 14).

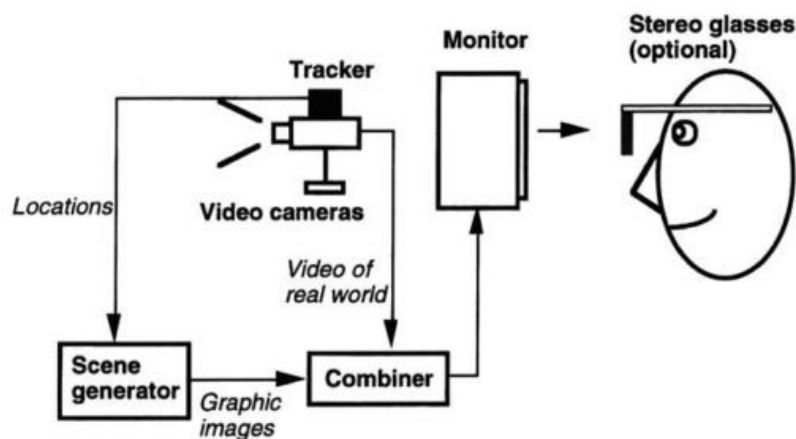


Figura 14 – Solução vídeo através de monitor (Azuma, 1997, p. 363)

1.2.3. Processo de registo e rastreamento

Previamente a um sistema reproduzir elementos virtuais, no espaço real, ele tem de obter a informação da posição do dispositivo relativamente a uma âncora no mundo real, para que consiga alinhar os objetos virtuais aos reais (Bhorkar, 2017). Esta primeira deteção é denominada como o processo de registo. Posteriormente, torna-se necessário que haja uma atualização dos componentes virtuais consoante a alteração da posição do dispositivo, de forma a manter o posicionamento pretendido (Bhorkar, 2017). Este processo pode ser denominado como rastreamento.

Existe uma grande variedade de técnicas de registo e rastreamento, como por exemplo o magnético; baseado em visão; por inércia; por GPS. Estes podem então ser usados de forma combinada, originando assim o que se denomina por registo e rastreamento híbrido. Conforme os objetivos deste documento de dissertação, interessa maioritariamente explorar as técnicas de registo e rastreamento baseadas em visão, da luz visível.

Atualmente, as técnicas baseadas em visão são bastante populares pela ubiquidade e cada vez maior poder computacional dos dispositivos móveis que, como dispositivos singulares, têm a capacidade de captar e reproduzir imagem, tornando-os ideais para implementação de experiências de RA (Bhorkar, 2017).

A forma mais desenvolvida e robusta de haver o processo de registo baseado em visão é através da implementação de “alvos” no mundo físico, designadamente marcadores fiduciais, que são detetados através de reconhecimento gráfico computacional, e que servem como referência para as posições de registo do sistema (Yan, 2015).

Registo e rastreamento baseado em fiduciais

Fiduciais de forma quadrada e com a sua periferia de borda preta (Figura 15), são os mais típicos exemplos de marcadores como fiducial, sendo que é a variação do conteúdo interior o que diferencia os diversos fiduciais (Yan, 2015).

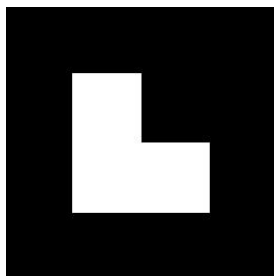


Figura 15 - Fiducial quadrado (Yan, 2015, p. 4)

Uma técnica mais avançada deste método de marcador de registo é a denominada de *QR Code* (Figura 16), e confere algumas vantagens em relação ao seu antecessor. Como a sua forma é semelhante à do fiducial quadrado simples, o *QR Code* consegue ser interpretado pelos mesmos conjuntos de ferramentas (*toolkits*). Para além disso, a área de informação (Figura 16, “Data Area”) contém um endereço online, em oposição a informação já guardada no dispositivo, tornando assim desnecessário guardar previamente a relação dos marcadores com os modelos e os modelos em si, pois estes são acedidos de forma *online* (Yan, 2015).



Figura 16 - QR Code (Yan, 2015, p. 6)

Formas mais avançadas de registo e rastreamento baseado em visão permitem que os fiduciais tenham as mais variadas formas e variações, quer estas sejam produzidas para

esse mesmo efeito quer sejam objetos reais já existentes no ambiente, como por exemplo o reconhecimento de uma face humana (Yan, 2015).

Embora o processo de registo e rastreamento baseado em fiduciais tenha vantagens como poder ter uma grande precisão e ser fácil de implementar em dispositivos cada vez mais capazes, este também tem um conjunto de limitações inerentes (Yan, 2015). Kipper e Rampolla (2013) enumeram então quatro limitações que esta abordagem tem de considerar:

- A obstrução da visão da câmara pode causar problemas de oclusão;
- O desfoque da câmara pode causar erros de registo, devido a haver maior imprecisão na deteção do fiducial, podendo mesmo inibir a deteção do fiducial por completo;
- O movimento da câmara, com ênfase nos dispositivos móveis, causa o desfoque temporário da mesma (efeito denominado de *motion blur*) remetendo às mesmas complicações anteriores;
- A iluminação tem um impacto direto na deteção do fiducial, podendo o mesmo ser identificado como um diferente marcador dependendo do nível de iluminação. Em ambiente interior com iluminação artificial é mais fácil de controlar esta limitação.

1.2.4. Problemas na união de elementos virtuais e reais

A qualidade da combinação entre elementos pertencentes aos dois ambientes é um objetivo técnico na criação de experiências baseadas em realidade aumentada. Em casos de experiências de imersão do participante, esta pode ser deteriorada se, por exemplo, a qualidade gráfica dos elementos virtuais diferir significativamente dos elementos reais, ou seja, se se notar claramente que os objetos sintetizados não pertencem ao mundo real.

Outro conjunto de fatores que podem deteriorar a experiência de realidade aumentada são os erros inerentes aos sistemas tecnológicos. Estes podem passar por erros de registo, em que o mundo virtual e o mundo real não estão corretamente alinhados, resultando num desalinhamento do que é espectável da junção dos objetos dos dois mundos, ou então por erros de atraso dos objetos virtuais em relação aos do mundo real, visto que os primeiros

necessitam de passar por fases de processamento até à sua reprodução efetiva (Azuma, 1997).

O ideal é que, obviamente, estes erros não sucedam ou, pelo menos, que sejam impercetíveis, no entanto, o importante é analisar como estes influenciam negativamente a experiência para a qual estão destinados. Exemplificando: numa aplicação de realidade aumentada de sobreposição de um objeto virtual num objeto real, em que os dois se complementam informativamente, é preciso especial atenção aos erros de alinhamento entre os objetos dos dois mundos, de forma a não haver uma clara rutura entre ambos, enquanto que o problema de atraso dos objetos virtuais em relação ao mundo real não é o mais relevante por se estar a tratar de uma aplicação fixa e sem movimento.

1.3. Museografia

A museografia consiste fundamentalmente na estratégia de criação e modo de representação de uma "narrativa", de natureza multidisciplinar, no âmbito de um espaço expográfico. Esta narrativa, consequentemente, orienta a ação do visitante no museu (Vairinhos, 2015).

1.3.1. Narrativa

A narrativa é, no entanto, diferente do conceito de história. Enquanto que história é a forma como é materializada a narrativa (o meio pelo qual ela é contada), narrativa aproxima-se da noção de cultura, pela existência do seu valor mesmo antes de ser materializada.

A forma como a narrativa é apresentada, através da história, é uma preocupação da museografia, que recorre a várias soluções de diferentes áreas como a “ergonomia, o design, as engenharias, a psicologia, a linguagem visual, a tecnologia digital” de forma a integrar o visitante na narrativa (Vairinhos, 2015, p. 114).

1.3.2. Integração do visitante

A tecnologia digital como forma de mediação em peças museológicas, altera a forma como o visitante se comporta, percebe e interpreta as obras, tomando uma atitude de natureza participativa em detrimento a uma atitude contemplativa (Vairinhos, 2015).

Ao tornar a exploração de um museu uma ação livre e participativa, os visitantes tendem a tornar-se “donos” das suas próprias experiências, originando numa experiência mais satisfatória da visita ao museu (Simon, 2010).

Procura-se, portanto, através de soluções tecnológicas digitais, formas de integrar o visitante pela interação com as obras expostas. Vairinhos (2015), apresenta então três mecanismos principais para a incorporação do visitante na experiência museográfica: a imersão, a participação e a personificação (Figura 17).

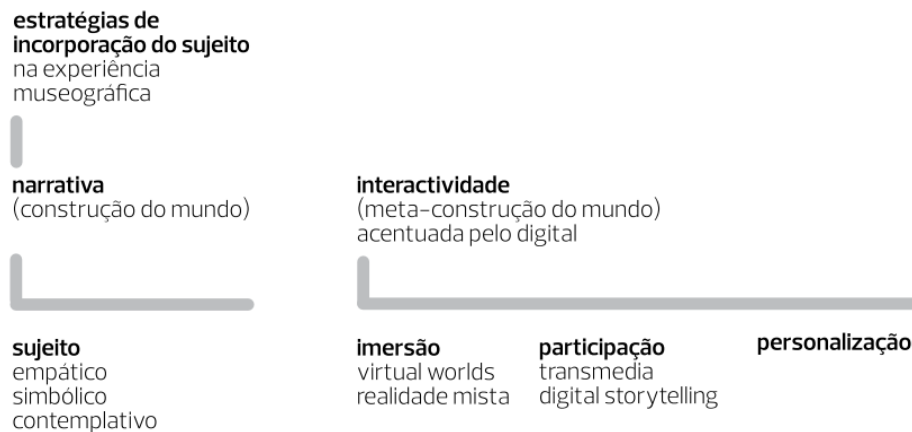


Figura 17 - Integração do visitante no museu (Vairinhos, 2015, p. 118)

- **Imersão** – aumenta o nível de percepção do visitante, “através de interfaces e sistemas que procuram a sinestesia, para o centro de uma história”, em que o ator não percebe os conteúdos como uma representação do mundo real, mas sim na aparente sensação de coabitar noutro lugar;
- **Participação** – chamada à participação dos visitantes, podendo estes mesmos serem criadores de conteúdo a ser exposto, através de várias técnicas;
- **Personificação** – a atribuição da possibilidade de as ações dos visitantes, tais como gestos, voz, serem incorporadas com conteúdos expostos no museu.

A inclusão de mecanismos de participação e personificação alteram o padrão tradicional de exploração contemplativa do museu, em que é disponibilizada informação de forma unidirecional da instituição para os seus visitantes (Figura 18). Pela permissão dos utilizadores participarem sobre as exposições, o museu passa a ser um espaço de colaboração em que diferentes indivíduos “atuam como criadores de conteúdo, distribuidores, consumidores, críticos e colaboradores” (Simon, 2010, p. 2).

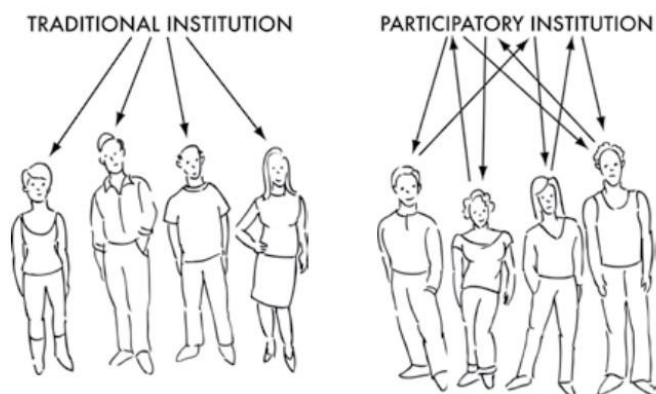


Figura 18 - Fluxo de conteúdos no museu (Simon, 2010, p. 2)

Na criação dos mecanismos de participação de forma a que visitantes se tornem criadores de conteúdo, devem ser tomados em consideração dois princípios de design, para que os conteúdos criados e partilhados sejam apelativos e relevantes (Simon, 2010). Primeiro, o ato de interagir deve-se apoiar em constrangimentos, que garantam uma obtenção de resultados direcionados para o seu fim, em oposição a uma total liberdade de manifestação (Simon, 2010). Em segundo, caso a participação seja simultânea entre vários utilizadores, estes devem-se relacionar por “pontos de entrada pessoais, não sociais” (Simon, 2010, p. 22). Isto é, devem-se identificar com traços de personalidade entre eles, e não particularidades de carácter social.

1.3.3. Aplicação de tecnologia no museu

A utilização de tecnologias baseadas em AR no museu, leva Providência (2015, p. 11) a questionar se estas, quando usadas em contexto de museu, “constituem um meio de liberdade ou de submissão social”. Isto é, questiona se a utilização destas formas de mediação tecnológica vem acrescentar valor pela sua natureza de liberdade e incitação à exploração, ou se estas são uma consequência da evolução e por isso forçadas na implementação museográfica.

A experiência de interpretação de uma obra, mediada por dispositivos tecnológicos, perde valor por haver um menor esforço na interpretação da mesma, tendendo a uma visão menos crítica (Providência, 2015). No entanto, estas experiências serão emocionalmente mais envolventes e sendo baseadas em imagem, têm um maior impacto “nos processos

de percepção, comparação, conotação, imaginação e invenção”, quando comparadas com a exploração em forma de texto (Providência, 2015, p. 15).

No entanto, a implementação de tecnologias nos museus parece inevitável, pois como referido por Ferreira (2014), a tecnologia já alterou diversas vezes ao longo da história a forma como comunicamos, interagimos e experienciamos, fazendo parte da evolução humana. Tendo isto em conta, Providência questiona os atuais métodos expositivos do contexto museográfico:

– Que sentido faz, afinal, promover no séc. XXI uma museografia alicerçada em texto, como se estivéssemos no séc. XVI? Enquanto designers temos a experiência exasperante da obrigatoriedade museográfica de extensas legendas, textos de sala, títulos compridos e citações de contextualização, com que os designers são presenteados pelos historiadores e que, raramente, os públicos lerão. (Providência, 2015, p. 12)

Joana Ferreira defende então que a forma de implementação destas tecnologias é que deve ser bem idealizada, baseada em cinco características:

- Personalização – configuração do dispositivo pelos seus utilizadores;
- Contextualização – exploração do contexto de aplicação;
- Experiência – interatividade, criatividade e usabilidade;
- Hiper-responsividade – resposta aos suportes de comunicação, ambientes e conteúdos;
- Transparência – abstração à presença do dispositivo, criar uma experiência imersiva.

(Ferreira, 2014)

Simon (2010) também defende que o recurso a exposições interativas pode melhorar a aprendizagem que se faz destas, através da premissa:

Técnicas de design de interação são métodos aditivos que complementam a apresentação tradicional de conteúdos. Exposições interativas, quando bem executadas, promovem a experiência de aprendizagem que é única e específica da natureza bidirecional do seu design. (Simon, 2010, p. 5)

Com isto, Simon vem reforçar a ideia de que o recurso a instrumentos tecnológicos, quando desenvolvidos com o objetivo de auxiliar a exposição dos conteúdos, pode ser benéfico no próprio processo de aprendizagem.

1.4. Estado de arte

O estudo do estado de arte da tecnologia foi feito tendo em conta dois aspetos relevantes para a aplicação a desenvolver. A tecnologia baseada em RM, como mediadora da mensagem a transmitir, assim como o seu contexto de aplicação, neste caso, o museográfico.

Streetmuseum

A aplicação “Streetmuseum” é uma aplicação móvel que permite aos seus utilizadores verem de forma sobreposta ao ambiente real, ruas da cidade de Londres como estas eram no passado. Esta informação gráfica apresentada pode tanto ser vista em conjugação com o mundo envolvente (ambiente de RA) (Figura 19), ou explorada em detalhe de forma isolada (ambiente totalmente digital), e é complementada por informação descritiva da sua importância histórica.



Figura 19 – Streetmuseum

Fonte: (Daily Mail, 2014)

Este tipo de aplicação tem a característica de conseguir transpor informação das coleções do museu de Londres para o mundo exterior, e embora seja para ser usada fora do museu, esta cria uma aproximação ao seu público que possivelmente se torna mais predisposto a visitá-lo (Jeater, 2011).

IKEA Place

Outro bom exemplo de aplicação da tecnologia baseada em RA, é a aplicação móvel IKEA Place. Esta aplicação móvel é disponibilizada para o sistema operativo iOS, e tem como premissa a visualização de diferentes peças mobiliárias presentes no catálogo da IKEA e a sua respetiva colocação das mesmas no espaço físico presente, recorrendo a RA (Figura 20).

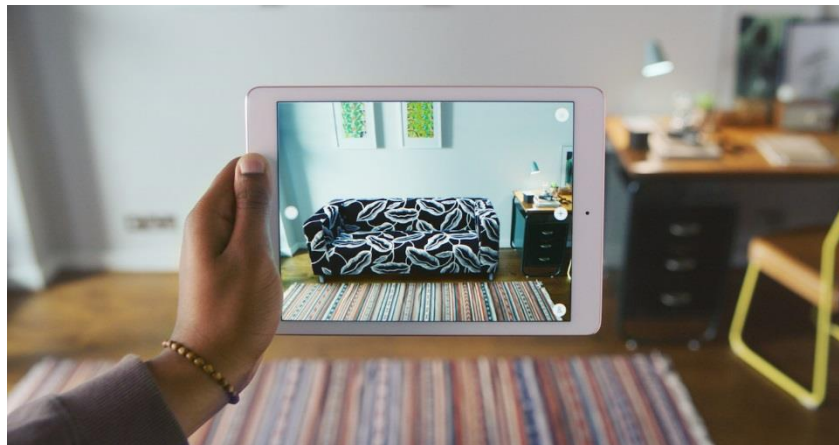


Figura 20 - IKEA Place

Fonte: (Digiday UK, 2018)

Esta funcionalidade de inserir um objeto virtual no ambiente real permite que os utilizadores possam ter melhor perceção do espaço ocupado por cada móvel, tendo garantias que a representação virtual dos objetos é reproduzida com grande fidelidade nas suas dimensões. Para além disso, permite a melhor avaliação do aspeto estético e a forma como o passível objeto real se iria enquadrar no ambiente que o rodeia. Este exemplo é claramente uma aplicação em que a RA mostra todo o seu potencial, pois permite em questão de minutos ter perceção do impacto espacial e visual que objetos de relativa grande dimensão e não fáceis de transportar, iriam ter no meio, facilitando a deliberação da compra.

Skin & Bones

Um exemplar que contempla quer a exploração museográfica, quer a implementação de tecnologia de RA é o Museu Nacional de História Natural, situado em Washington, D.C.

Este museu tem à sua disposição uma aplicação móvel de RA (Skin & Bones) que lhe permite manter a sua exposição com os mesmos conteúdos ao longo dos extensos anos que já está aberta, e que de outra forma não seria possível. A exposição é constituída por conjuntos de esqueletos de animais, e que quando auxiliada pela aplicação de RA, ganha novas formas de interatividade, pela sobreposição de informação digital sobre a peça física. Exemplificando, a aplicação tem funcionalidades como a de materializar o corpo do animal sobre o seu esqueleto exposto, animações de movimentos dos animais, assim como jogos e vídeos educativos sobre a exposição.



Figura 21 - Skin & Bones

Fonte: (Smithsonian National Museum of Natural History, 2015)

Artlens

O Museu de Arte de Cleveland trata-se de um museu com um elevado nível de interação tecnológica, recorrendo a uma aplicação móvel assim como aos sensores de movimento do sistema Kinect.

Para além de apresentar uma variedade de peças artísticas expostas no museu, o espaço convida a que exista um ambiente propício à interação entre o visitante e a obra, havendo casos em que estimula a criação de novos conteúdos. Um destes exemplos está presente no denominado Estúdio de Criação, em que existe uma estação para a conceção de objetos de cerâmica virtuais. Através da deteção dos movimentos das mãos pelo sensor de um Kinect, a representação virtual do objeto de cerâmica vai alterando a sua forma, simulando o processo real de olaria (Figura 22).

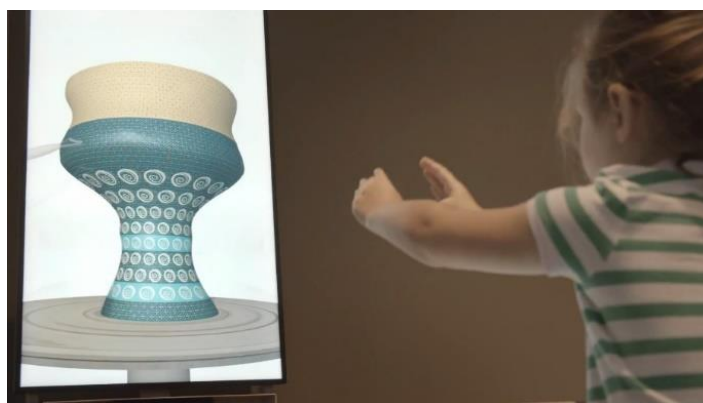


Figura 22 – Artlens – Criação de objeto de cerâmica

Fonte: (The Cleveland Museum of Art, 2017)

Outro exemplo de aplicação de tecnologia baseada em RA no Museu de Cleveland está presente numa grande parede, auxiliada por um dispositivo Kinect e por uma projeção. A experiência permite posicionar na projeção, representações virtuais de objetos presentes na exposição do museu, criando uma simulação e fazendo um registo fotográfico de como seria ostentar/vestir cada peça artística (Figura 23).



Figura 23 – Artlens

Fonte: (The Cleveland Museum of Art, 2017)

Jinsha Site Museum

O Jinsha Site Museum é um museu peculiar. A sua construção foi feita no local de escavação onde foram descobertos vários objetos arqueológicos pertencentes a uma civilização antiga, denominada Shu. O museu, como forma de apresentar os objetos arqueológicos achados na escavação, recorre a tecnologia de RA para os exibir aos visitantes (Figura 24).



Figura 24 – Jinsha Site Museum (Aplicação RA)

Fonte: (CGTN, 2017)

Para além da aplicação móvel para representação virtual de objetos, o museu também desenvolveu uma experiência virtual em que é reconstituída a forma de vida desta civilização assim como que a construção dos objetos e estruturas arqueológicas (Figura 25).



Figura 25 - Jinsha Site Museum (Experiência Virtual)

Fonte: (CGTN, 2017)

A análise destes casos de estado de arte demonstra a polivalência que as tecnologias baseadas em RM possuem, podendo ser aplicadas através de múltiplas formas de exploração e em diversos contextos. O estudo do estado de arte incidiu principalmente na sua aplicação no espaço museográfico, onde adota uma importante função modificadora da narrativa, podendo constituir também um mecanismo de imersão, participação e personificação da experiência.

Como abordado no tópico de Museografia (3.), o método de aplicação da tecnologia em exposições interativas deve ser ponderado, e quando bem executado, resulta em “experiências de aprendizagem únicas e específicas da natureza bidirecional do seu design” (Simon, 2010, p. 5)

A implementação de tecnologia de RA aplicada pelo Museu de Cleveland representa uma excelente aplicação da mesma. Para além do dinamismo que convida à exploração das obras expostas, a forma de interação cria um elo de ligação entre as peças e cada um dos visitantes, tornando o processo de aprendizagem numa experiência pessoal.

CAPÍTULO II

Metodologia

A metodologia de investigação a aplicar neste trabalho de investigação, foi a investigação-ação. O motivo desta escolha foi pelo enquadramento de metodologia específica que se pretende levar a cabo no contexto específico de IHC, nomeadamente o design centrado no utilizador.

2.1. Design Centrado no Utilizador

Pode resumidamente definir-se o design centrado no utilizador (DCU) como “o processo que assegura que a produção do design corresponde às necessidades e capacidades das pessoas para os quais são dirigidos” (Norman, 2013, p. 9).

A maior premissa de aproximação ao DCU é que o que leva ao progresso do desenvolvimento do produto é o utilizador, seus objetivos e motivações, e não a especificidade da tecnologia em si. Assim sendo, os utilizadores estando próximos do processo de desenvolvimento do projeto, através da comunicação das suas necessidades, requisitos e formas de interação, é, portanto, mais provável que o produto final possua características que auxiliem o seu uso natural e correspondam às suas reais necessidades (Sharp et al., 2007).

Como forma de tornar um sistema útil e fácil de usar, Gould e Lewis (1985) recomendam três princípios de design:

- Foco nos utilizadores e tarefas - inicialmente, deve-se tentar compreender quem vão ser os utilizadores finais, através do estudo dos seus processos cognitivos, comportamentais e antropométricos. Para além da compreensão dos utilizadores, deve também ser estudada a natureza das tarefas a serem produzidas.
- Medição empírica - em segundo, deve-se observar, guardar e analisar, o desempenho dos utilizadores recorrendo a formas de interação já existentes ou através de protótipos já desenvolvidos.
- Design iterativo – por último, problemas identificados na medição empírica têm de ser corrigidos, levando à prática de um ciclo de desenvolvimento: “design, teste e medição, e redesign, repetido o quão frequente necessário”.

Para além dos princípios de design enunciados para o seguimento de uma metodologia de design centrada no utilizador, importa apresentar a análise que Norman (2013) faz dos conceitos de modelo conceptual e imagem do sistema.

Modelo conceptual trata-se de um modelo mental como cada indivíduo perceciona o funcionamento de determinado objeto/interface, adquirido naturalmente através de características de design do produto, ou pela simples experiência de utilização do mesmo. Num produto em que o modelo conceptual é formado maioritariamente pela experiência, o utilizador tende a sentir uma grande dificuldade na sua utilização exigindo, por exemplo, a memorização do resultado das suas ações. Por este motivo, é importante que o produto atente características comunicativas que expliquem e auxiliem o seu processo de utilização, tais como:

- Visibilidade – tornar as ações disponíveis visíveis, assim como comunicar o estado atual do sistema;
- *Feedback* – comunicar as ações tomadas e as suas consequências;
- Constrangimentos – limitar as ações do utilizador para realização de cada tarefa, constrangendo funções díspares através de características físicas, lógicas ou semânticas;
- Consistência – adotar consistência na comunicação para que as ações ou representações vão de acordo à expectativa do utilizador;
- Mapeamento – procurar a implementação de um mapeamento natural, fazendo corresponder o plano da representação aos elementos do mundo real;
- *Affordance* – esclarecer a forma de manuseamento através de características físicas do objeto.

(Norman, 2013)

Sendo o modelo conceptual um modelo mental, este varia pela experiência e pela perceção de cada utilizador, estando então sujeito a diferentes interpretações. Torna-se então responsabilidade do designer sustentar o seu modelo mental nas características comunicativas da visibilidade, *feedback*, constrangimentos, consistência, mapeamento e

affordance, criando uma imagem do sistema que aproxime o seu modelo mental ao modelo percebido do utilizador.



Figura 26 - Modelos mentais e imagem do sistema, adaptado de (Norman, 1988)

Procura-se assim, no contexto de uma metodologia de investigação de aproximação ao visitante, o desenvolvimento de um modelo mental de exploração simples, através de uma boa criação da imagem do sistema. Para isso, o desenvolvimento de um protótipo funcional com o objetivo de testar as soluções antes de apresentar o produto final, torna-se fulcral.

2.1.1. Usabilidade

Uma importante área inserida na premissa do DCU é a usabilidade e o seu estudo na procura de formas de interação mais eficazes e eficientes. Este conceito pode ser definido como um avaliador de quão fácil é para um utilizador usar uma interface para a execução de determinada ação (Nielsen, 2012). A qualidade da interface pode então ser qualificada a partir de cinco indicadores principais de usabilidade, referidos por Rogers, Sharp, Preece (2002):

- Eficácia – o sistema cumpre com sucesso as ações a que está destinado?
- Eficiência – as ações que se pretendem realizar estão disponíveis a um reduzido número de interações?
- Aprendizagem – o sistema é fácil de ser aprendido por alguém que nunca o tenha usado?
- Memorização – o quão fácil é relembrar-se do funcionamento do sistema numa futura utilização?
- Experiência de utilizador – o utilizador sente-se satisfeito, motivado, recompensado, durante o uso do sistema?

Enquanto que a eficácia, eficiência, aprendizagem e memorização se preocupam com as medidas de boa criação do sistema em si, a experiência de utilizador já se refere única e exclusivamente às emoções despertadas no seu operador. Durante muito tempo esta vertente foi ignorada, pois a principal preocupação até à data era a eficiência e rendimento de sistemas destinados à produtividade. Com o surgimento de sistemas com fins de lazer, educação, serviço público, entre outros, é que surgiu maior preocupação em criar sistemas que melhorem a experiência do utilizador, através de critérios de satisfação, diversão, motivação, recompensa e satisfação emocional (Sharp et al., 2007).

2.2. Participantes no estudo

Como forma de acompanhar o desenvolvimento do projeto, e inserido na metodologia do Design Centrado no Utilizador (DCU), como intervenientes para o princípio do foco nos utilizadores e tarefas, assim como medição empírica, é possível definir os seguintes participantes no estudo:

- Utilizadores finais (visitantes do museu) – vitais para a análise de necessidades, processos cognitivos, comportamentais e antropométricos, na forma como interagem com a aplicação/protótipo;
- Gestores do museu – importantes pela supervisão do projeto e adequação do mesmo, no decorrer do processo de desenvolvimento;
- Professores da área – pela sua experiência teórica e prática sobre o tema.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolha de dados

Com a finalidade de reunir toda a informação necessária ao longo do desenvolvimento do projeto, foram executadas as seguintes técnicas de recolha de dados:

- Questionário pós-teste – para identificação de necessidades, problemas sentidos e opiniões gerais de possíveis utilizadores do sistema;
- Entrevistas – principalmente para definição de objetivos a atingir, esclarecidos pelos gestores do museu;

- Observação naturalista – para uma observação e identificação de problemas de usabilidade numa interação direta com um sistema/protótipo. Como é enunciado por Sharp et al. (2007), por vezes é difícil explicar todo o processo da mais simples ação humana, para o atingimento de uma tarefa, pelo que a observação direta dessas ações, em contexto natural, resulta em informação com um valor explicativo bastante superior.

Para se recorrer a uma observação naturalista mais rica foi necessária a utilização do espaço do museu de Aveiro, contexto final de utilização da aplicação, sendo que a alternativa residia em observação em laboratório.

2.4. Amostragem e tamanho de amostras

As técnicas de amostragem relativas a cada método de recolha de dados foi a seguinte:

- Questionário pós-teste – realizado através de um método não probabilístico: uma amostragem por conveniência, reunindo 23 participantes, entre dos quais 13 foram convidados a deslocar-se ao local do teste e os restantes 10 estavam numa visita genuína ao Museu de Aveiro;
- Entrevista – em que foi entrevistado o responsável pela exposição em causa, a Dr.^a Maria João, da instituição Museu de Santa Joana;
- Observação naturalista – tal como no questionário pós-teste, a observação naturalista foi realizada sobre os 23 participantes.

2.5. Fases de investigação

O processo de investigação divide-se por fases, com objetivos específicos de cada uma. É importante relembrar que as fases pertencem a um ciclo de desenvolvimento, baseadas no DCU, pelo que a investigação não termina até que existam o número necessário de iterações de forma a atingir o grau de satisfação para o projeto.

Fase exploratória

Nesta fase inicial de exploração, o foco foi a compreensão profunda da peça em questão – Casula do século XVIII – e todas as suas técnicas e combinações de técnicas de bordado. Este entendimento foi alcançado principalmente através de dois pontos fulcrais, sendo que o primeiro se baseou na produção de macrofotografias, que permitiram observar as técnicas com grande minúcia. A segunda etapa que possibilitou um entendimento mais profundo da peça foi através da realização de uma entrevista à pessoa especializada na obra em questão, fazendo recurso às macrofotografias produzidas de forma a esclarecer qualquer dúvida presente nas variadas técnicas.

Após o entendimento da peça e das suas particularidades, tornou-se essencial analisar a melhor solução para a desconstrução da complexidade identificada, pelo que ao fim de um processo de deliberação, a decisão incidiu para o desenvolvimento de uma aplicação móvel de RA.

Durante esta fase também foi importante o retirar de conclusões, através de reuniões com a especialista da peça e com o mentor do projeto, como forma a identificar necessidades de utilização, assim como definir requisitos funcionais e não-funcionais.

Fase de *design*

Concluída a primeira fase de exploração e tendo em conta os requisitos funcionais e não-funcionais definidos na mesma, importa então iniciar o processo de *design* do protótipo, de forma a responder às necessidades identificadas na fase de exploração.

Nesta fase foi importante o desenvolvimento de protótipos de baixa fidelidade como forma de testar soluções quer de funcionalidades quer de tecnologias a utilizar no protótipo final. Definido que o produto final deveria incidir numa aplicação de RA, as tecnologias escolhidas para o desenvolvimento dos protótipos foram o Unity 3D e o *Software development kit* – Vuforia. Para criação dos conteúdos gráficos foi também usado o *software* Autodesk 3ds Max e Adobe Illustrator.

Fase de desenvolvimento

Chegando à fase de desenvolvimento, importa então a construção de um protótipo funcional e de alta fidelidade, com base nas soluções definidas pelos protótipos de baixa fidelidade anteriores. O resultado do desenvolvimento deste protótipo de alta fidelidade procurou fazer a implementação de todos os conteúdos criados, com a finalidade de todos eles serem testados por utilizadores finais, e avaliados posteriormente.

Fase de avaliação

A fase de avaliação tem um fator preponderante no processo de desenvolvimento do projeto, pela reflexão da qualidade do produto final, e pela existência ou não da necessidade de iniciar nova iteração de desenvolvimento. De forma a tirar essas conclusões, importou então:

- Receber *feedback* dos gestores do museu;
- Elaborar e executar os estudos de observação naturalista, em utilizadores finais, sobre o protótipo desenvolvido;
- Elaborar e entregar questionários pós-teste para complementar os dados de observação;
- Analisar e retirar conclusões da informação recolhida, e caso necessário, iniciar uma nova iteração das fases de investigação.

2.6. Resultados esperados

Espera-se que com esta investigação seja desenvolvida uma aplicação móvel baseada em realidade aumentada, para auxílio à exposição de bordados, no contexto do museu de Aveiro. É expectável ainda que a aplicação vá ao encontro das necessidades dos seus utilizadores finais, pelo facto do desenvolvimento ser fundamentado no processo de design centrado no utilizador.

Procura-se também atingir resposta para a pergunta de investigação, ou seja, a identificação de um conjunto de requisitos técnicos, funcionais e de interação a cumprir na criação de uma aplicação de RA, que facilite o entendimento de peças museológicas.

A partir da análise da avaliação do protótipo e feito um balanço do trabalho desenvolvido, levado a cabo pela direção do museu, um resultado importante deste trabalho de investigação consiste na possibilidade de incorporação do protótipo numa exposição temporária que será produzida para o efeito.

CAPÍTULO III

Caso de estudo

3.1. Descrição da peça

O trabalho desenvolvido tem por base uma peça têxtil presente no Museu de Santa Joana (proveniente da Mitra de Aveiro), denominado de Casula. Trata-se de uma peça do século XVIII, com as dimensões de 133cm de altura e 74cm de largura (Figura 27).

Tecnicamente esta peça é descrita – segundo informações facultadas pela Dr.^a Maria João do Museu de Aveiro – como uma obra com as características de ter uma frente mais curta, com linhas ligeiramente ovaladas e recorte acentuado a altura do peito, decote estreito em V truncado e sebasto em forma de cruz. Costas direitas arredondadas na base com sebasto simples. Lhama dourada vermelha totalmente decorada com motivos vegetalistas bordados a ponto de ouro. Forro de tom idêntico ao da lhama.



Figura 27 – Casula do século XVIII

A fundação da obra é formada pela tecelagem de lhama vermelha, lhama que é constituída por fio de seda conjugado com lâmina dourada, dando assim a forma da Casula. Sobre esta base de tecido é que posteriormente foram criadas as estruturas mais complexas, recorrendo a diferentes técnicas de bordar, facilmente visíveis pelo seu contraste com o tecido de fundo, a lhama vermelha.

O grande desafio inerente a esta peça, é a forma como que se consegue transmitir para o público geral todas as diferentes técnicas e combinações de técnicas de bordado presentes

na Casula, sendo que estas apenas se conseguem distinguir a aproximações muito próximas da mesma e por pessoas especializadas. Mesmo com um abeiramento à obra, como demonstrado na Figura 28, não é possível observar todos os pormenores técnicos presentes na mesma, havendo mesmo a necessidade de recorrer a instrumentos de ampliação para o conseguir.







Figura 28 - Técnicas de bordado observadas sem recurso a instrumentos de ampliação

Como parte do processo de desconstrução da complexidade da Casula, foi necessário desenvolver um estudo aprofundado das suas características técnicas. Esta compreensão das técnicas empregadas na obra, apenas foi possível após dois momentos chave:

Primeiramente foi necessário realizar uma sessão de macrofotografias à Casula, de forma a ser possível captar todos os pormenores presentes nas diversas técnicas usadas para a decoração da obra. Nessa sessão foi feito recurso a uma camara DSLR, equipada com uma objetiva macro, assim como a dois focos de iluminação artificial para remoção de sombras.

O segundo momento consistiu na organização de uma reunião com a especialista da peça em questão, a Dr.^a Maria João, em que foram esquematizadas as diferentes técnicas e materiais presentes na peça, assim como que a sua identificação nos registos fotográficos recolhidos. O resultado desta sessão clarificadora pode ser resumido pela seguinte tabela (Tabela 1), que permite então ter uma ideia pormenorizada dos constituintes da Casula do século XVIII.

Designação técnica	Materiais	Breve descrição	Macrofotografia
Cordãozinho	Fio laminado dourado	Fio laminado dourado, torcido	
Lâmina	Fio de seda; Lâmina dourada ou prateada	Lâmina sujeita a fio de seda	
Canutilho	Fio de ouro maciço	Fio de ouro maciço enrolado, criando o aspeto de uma mola contraída	
Seda matizada	Fio de seda; Fio laminado dourado	Mistura de sedas coloridas ou seda entrelaçada com fio laminado dourado	

Ponto de ouro estendido	Fio de seda; Fio laminado dourado	Fio laminado dourado sujeito a fio de seda	
Bordado relevado	Material de enchimento	Bordado feito sobre material de enchimento, não visível, que tem como função dar relevo a outras técnicas	(Não observável)

Tabela 1 – Síntese das técnicas e materiais pertencentes à Casula

Em suma, a obra contém seis técnicas diferentes de bordado recorrendo a cinco tipos de materiais diferentes. Estas técnicas podem então também ser conjugadas entre si, formando estruturas de ainda maior complexidade, como é exemplificado na Figura 29, onde se observa a combinação das técnicas do Cordãozinho, Lâmina e Bordado relevado.



Figura 29 - Combinação de técnicas (Macrofotografia)

3.2. Soluções adotadas

Dada esta elevada sofisticação das diferentes técnicas de bordado, tornou-se evidente a necessidade de adotar um meio de exposição museográfica que permitisse transmitir de forma simplificada esta complexidão de técnicas presentes. Como já referido anteriormente, a solução adotada passou pelo desenvolvimento de uma aplicação móvel de RA, em conjugação com um mapa esquemático explicativo. No planeamento do desenvolvimento desta aplicação, foram também identificados os requisitos funcionais e não-funcionais pelos quais a aplicação se devia reger.

Relativamente aos requisitos funcionais, era necessário que a aplicação fizesse a deteção e registo dos fiduciais presentes no mapa esquemático; apresentasse os modelos tridimensionais de cada técnica e combinação de técnicas; permitisse a aproximação e visualização em diferentes ângulos; e apresentasse animações para estruturas mais complexas terem um aumento de dificuldade de forma gradual.

Quanto aos requisitos não-funcionais, mostrou-se essencial que o sistema operativo do dispositivo móvel fosse Android 4.4 ou superior de forma a suportar a mais recente versão do Vuforia (SDK), também este um requisito não-funcional necessário para a deteção de fiduciais gerados; o *software* Autodesk 3ds Max necessário para a modelação e animação dos conteúdos; e finalmente o Unity 3D para a conjugação dos componentes provenientes do Autodesk 3ds Max e Vuforia, com a devida implementação na linguagem C#, assim como a exportação para o dispositivo móvel.

CAPÍTULO IV

Design Funcional e Requisitos técnicos

4.1. Design funcional

Com a conclusão da fase de exploração, em que foi possível obter um conhecimento mais aprofundado da Casula do século XVIII assim como a definição de requisitos funcionais e não funcionais, foi necessário então iniciar a fase de design e posterior prototipagem, tendo em consideração as informações reunidas.

Esta fase integra o desenvolvimento dos diferentes conteúdos gráficos, sejam eles 2D ou 3D, necessários para a execução das fases seguintes.

4.1.1. Prototipagem de baixa fidelidade

Dado que paralelamente ao desenvolvimento de uma aplicação de RA também seria necessário a criação de um mapa para a suportar, tornou-se fundamental a construção de um protótipo de baixa fidelidade que, segundo Rudd, Stern, & Isensee (1996), não exige um investimento avultado quer de tempo quer de recursos e que pode ser concretizado ainda no começo do ciclo de desenvolvimento.

A construção do protótipo do mapa foi feito no material de *kapaline*, com a posterior colagem de ilustrações provisórias desenvolvidas. A existência deste protótipo de baixa fidelidade teve a importância de ser possível apresentar à gestora do Museu de Aveiro, de forma rápida e com baixo custo, versões iniciais do produto. Através deste elemento de proximidade foi possível a recolha de *feedback* em reuniões presenciais, importantes para certificar o bom cumprimento dos objetivos definidos. Juntamente com este mapa, foi também desenvolvida uma primeira versão da aplicação de RA com alguns dos conteúdos criados até à data, importante quer para ensaiar a forma e a posutra da interação usando o dispositivo móvel, quer pela análise e avaliação realizada dos conteúdos representados.

4.1.2. Especificação e requisitos para o desenvolvimento dos conteúdos

De forma a organizar toda a informação sobre técnicas e combinações de técnicas de bordado recolhida na fase exploratória, foi idealizado e criado um mapa esquemático contendo todo este conhecimento sobre a Casula, comunicada sob uma forma resumida e

visualmente atrativa. Aquando da sua idealização, foi tomado em conta que o mapa teria de ter valor explicativo próprio, mesmo quando não visualizado com recurso à aplicação de RA. Este facto deve-se à procura de que a camada de RA venha acrescentar uma valia sobre informação já existente no meio físico, auxiliando a sua exposição, mas que esta também não seja indispensável para uma compreensão mais superficial da obra.

Técnicas

Recorrendo ao software Adobe Illustrator foi desenhada uma representação ilustrativa para cada uma das seis diferentes técnicas, contendo parecenças às imagens reais a que estas pertenciam, de forma a conseguirem ser facilmente identificadas como tal. A sua forma circular, enrolada, foi criada com o intuito de se assemelhar a um novelo de cordão que posteriormente se une a cada combinação de técnicas em que é usado.

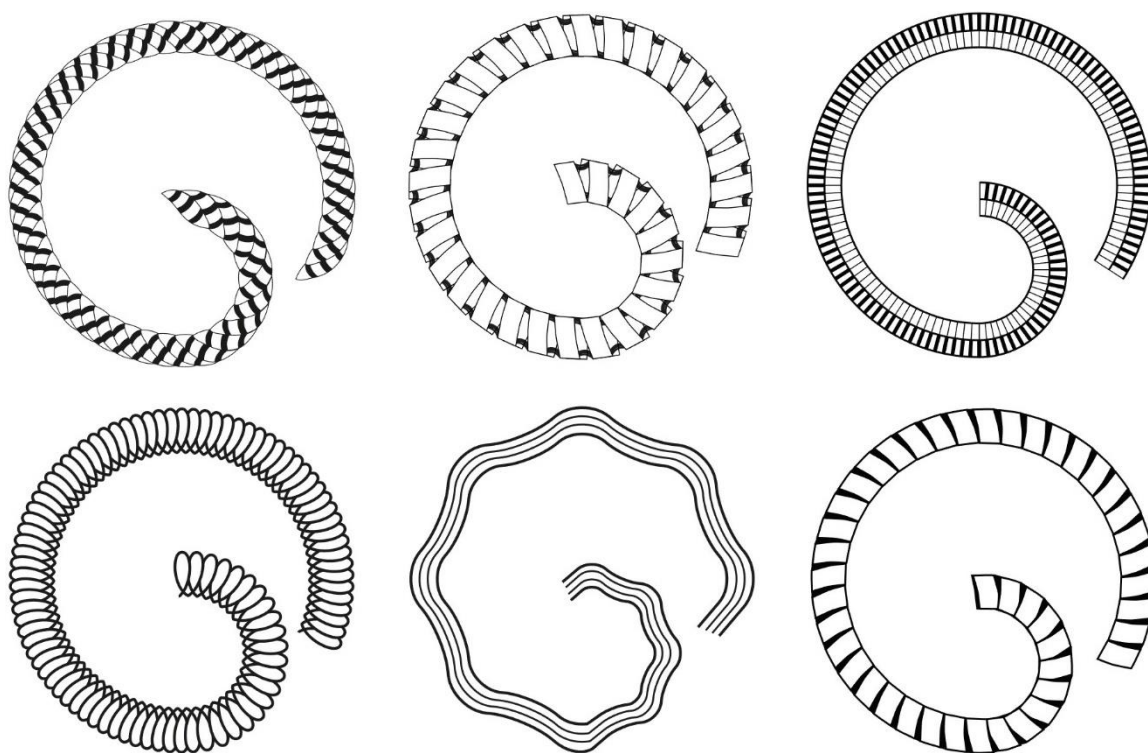


Figura 30 – Representações ilustrativas das técnicas do Cordãozinho, Lâmina, Bordado relevado, Canutilho, Seda matizada e Ponto de ouro estendido, respetivamente.

Combinações de técnicas

Após desenhadas as figuras para as técnicas individuais, foi preciso então idealizar os desenhos para os quatro exemplos de combinações de técnicas escolhidos. Estes quatro exemplos são representativos da diversidade apresentada na Casula, havendo pequenas nuances destas combinações escolhidas, mas que em geral apresentam formas bastante idênticas.

Tal como no desenho das técnicas singulares, a preocupação no desenho das combinações de técnicas manteve a premissa de ser facilmente detetável pelo algoritmo de visão por computador presente na biblioteca Vuforia (AR), mas neste caso o cuidado não foi dado à pormenorização das técnicas presentes, mas sim, à sua forma estrutural. Isto deve-se ao facto de ser necessário simplificar estas estruturas de maior complexidade, que dificilmente poderiam ser interpretadas caso tivessem o mesmo nível de detalhe exibido nas técnicas individuais.

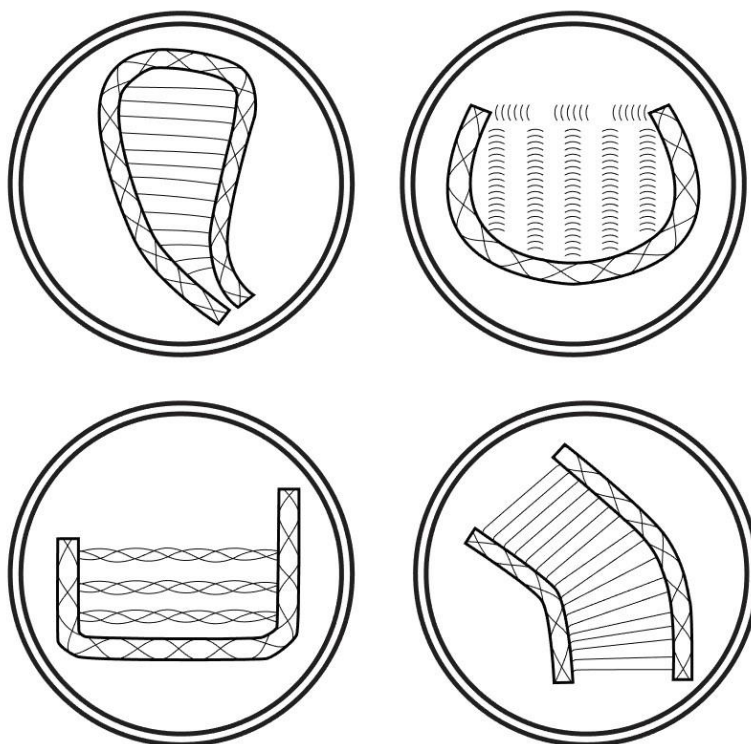


Figura 31 - Representações ilustrativas de diferentes combinações de técnicas

Outro cuidado básico aquando da criação das ilustrações foi ter em conta alguns atributos que influenciam a deteção das mesmas como fiduciais. Atributos como haver uma boa

distribuição das características de deteção, assim como fazer um bom uso de contrastes. Como é observável pela análise da Figura 32, o fiducial possui um grande número de pontos de deteção, necessários para o processo de registo, estando estes com uma boa distribuição e de forma não simétrica, por toda a ilustração (Vuforia, 2018).

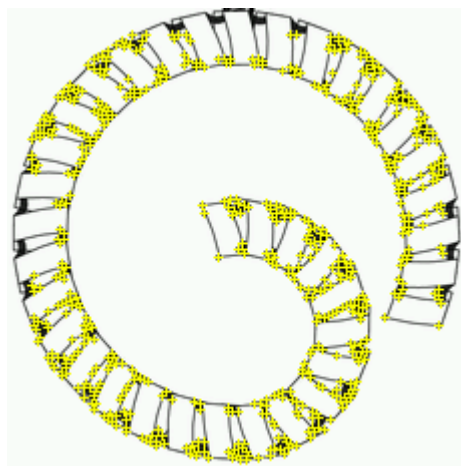


Figura 32 - Pontos de deteção para registo de um fiducial

Modelos tridimensionais

Como forma de complementar a informação da tela, com recurso a RA, foram desenvolvidos modelos tridimensionais de cada técnica e combinação de técnicas presentes na peça. Houve uma tentativa de aproximação máxima aos detalhes observados, através da análise das macrofotografias, assim como que pela explicação das diferentes técnicas pela especialista na peça, a Dr.^a Maria João. Para além do trabalho na forma estrutural de cada técnica, importou também a criação de texturas que assumissem características de cordão e de dourado.

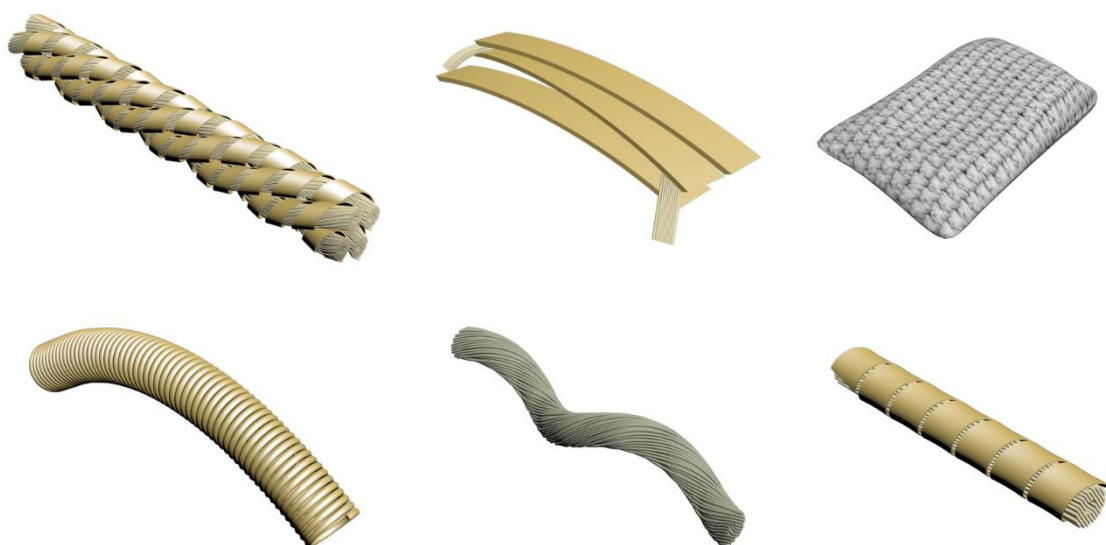


Figura 33 - Representações tridimensionais das técnicas do Cordãozinho, Lâmina, Bordado relevado, Canutilho, Seda matizada e Ponto de ouro estendido, respetivamente

Com suporte nestes modelos das técnicas individuais, foram então criados modelos tridimensionais de estruturas mais complexas, em que as técnicas se conjugam entre si para formar exemplos de combinações presentes na Casula. Mantendo presente o objetivo de desconstruir a elevada complexidade da peça, os modelos 3D destas combinações de técnicas possuem uma animação, de forma a que a dificuldade de compreensão inerente à junção de diversas técnicas seja clara e gradual.

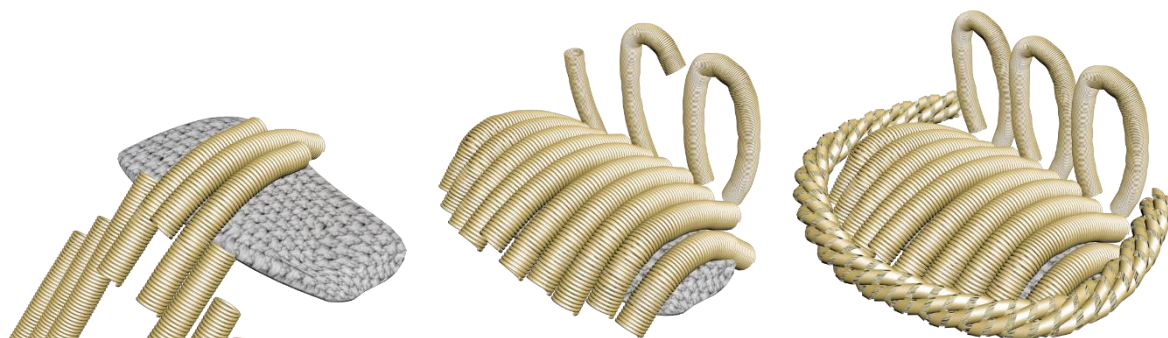


Figura 34 - Animação de uma combinação de técnicas

4.1.3. Núcleo expositivo

O método expositivo a aplicar tratou-se de um processo evolutivo, até se alcançar a solução final. Inicialmente, foi idealizado que o núcleo expositivo deveria basear-se num quiosque convencional, onde estariam presentes as representações das técnicas e combinações de técnicas, no seu espaço. Esta conceção evoluiu para a construção de uma mesa com várias estações de observação, cada uma correspondendo a uma combinação de técnicas. Recorrendo a tecnologia de RV, seriam então desenvolvidos e implementados conteúdos virtuais de exploração técnica da obra para cada estação. A visualização dos conteúdos seria feita com recurso a um ou a vários dispositivos inseridos na mesa, estando cada estação provida de um ponto de visualização dos conteúdos virtuais ampliados, como que de um microscópio se tratasse.

Por fim, a opção para solução final passou pelo desenvolvimento de uma aplicação móvel auxiliada por um mapa esquemático em forma de infografia. Esta solução detém vantagens significativas sobre as ideias anteriores, determinantes para a sua escolha, tais como:

- Estruturalmente viável – quer pelos custos associados a material, quer pelas limitações de espaço definidas pelo Museu de Santa Joana;
- Vantagens inerentes à exploração em RA – permite uma relação entre o espaço físico da infografia e das animações, oferece controlo e sentimento de liberdade na exploração tornando a experiência de utilização mais pessoal;
- Facilidade de prototipagem – o desenvolvimento de uma aplicação móvel confere uma maior simplicidade de prototipar, sendo apenas necessário um dispositivo móvel;
- Mobilidade – o transporte fácil deste tipo de protótipo possui também uma vantagem significativa para a realização de testes e apresentação gradual de resultados aos responsáveis do museu.

Provida das vantagens referidas, a solução final adotada permitia uma prova de conceito viável de produzir, em termos de multimédia e do próprio Museu.

A opção de suportar a aplicação de RA por um esquema em forma de infografia, foi o recurso escolhido que de melhor forma satisfazia as necessidades de apresentação dos conteúdos técnicos. Devido ao facto da Casula ter fracas características que sustentem a

sua deteção como fiducial, após diversos testes e ensaios, concluiu-se que é tecnicamente impossível sobrepor os conteúdos virtuais diretamente sobre a peça. Para além da impossibilidade de deteção, outro problema existente neste método é que não é possível particularizar cada técnica a uma zona específica da casula, havendo sempre várias técnicas e combinações ao longo de todo o tecido.

A desconstrução esquemática desenhada para o mapa vem resolver esta dificuldade, individualizando claramente cada técnica e combinação de técnicas, facilitando assim a comunicação da complexidade presente na Casula. Por essa razão, o núcleo expositivo contaria com uma ilustração adicional, ao lado da peça real também exposta, que indentificaria as técnicas e bordados na representação da peça.

O desenvolvimento da aplicação de RA foi realizado considerando a sua configuração de interação final. A forma como esta auxilia o processo de exploração à obra teve presente a premissa de imediatez e facilidade. Assim sendo, a estratégia expositiva passa por dispor de um dispositivo móvel já ligado e com a aplicação em funcionamento, junto à obra, convidando o seu uso pela facilidade de utilização. Este aspeto pode ser em parte nulificado caso fosse requerido a cada utilizador instalar e utilizar a aplicação, no seu próprio dispositivo pessoal.

Durante o processo de design funcional foi planificada a criação, através de impressão 3D, de uma interface física que se unisse ao tablet e convidasse que a sua pega fosse realizada com ambas as mãos, para a exploração do mapa esquemático. Embora tenha sido planeada, não houve a concretização desta ideia pela falta de obtenção do dispositivo final, em que as suas dimensões fariam variar o tamanho da estrutura física.

Pelos motivos descritos de imediatez e planificação de manuseamento do dispositivo com ambas as mãos, a aplicação desenvolvida carece de um conjunto de ecrãs e estrutura de navegação, características típicas de uma aplicação móvel.

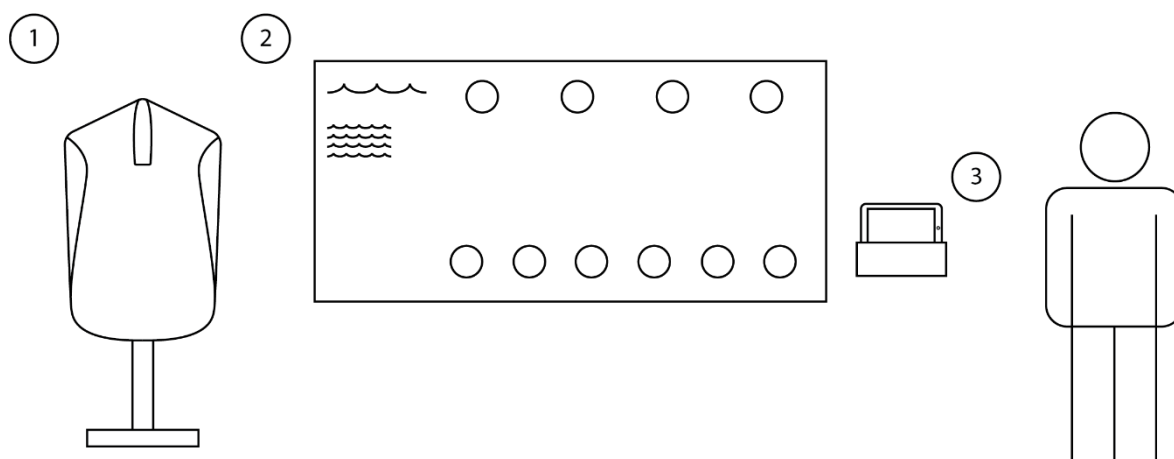


Figura 35 - Disposição do núcleo expositivo

A estratégia adotada para a exposição da obra encontra-se esquematizada na Figura 35, ao que se pode denominar como um núcleo expositivo, constituído por:

- 1- Casula do século XVIII, suportada por uma estrutura especificamente desenvolvida;
- 2- Mapa esquemático, contendo as representações das técnicas e combinações de técnicas, em forma de fiduciais;
- 3- Dispositivo móvel (*tablet*), ligado e com a aplicação pronta a ser utilizada.

O núcleo expositivo faculta assim três formas de exploração por parte do visitante. Primeiro pela possibilidade de observação direta da Casula, como forma de análise e contextualização para os conteúdos específicos apresentados pelos outros dois suportes. Com a obtenção de uma perceção geral da peça por parte do utilizador, o mapa esquemático dispõe de um conjunto de informação que permite uma compreensão técnica mais complexa sobre a obra. A informação presente no mapa pode então ainda ser amplificada pela exploração recorrendo ao dispositivo móvel, que adiciona conteúdos visuais virtuais sobre os conteúdos físicos.

4.2. Desenvolvimento do protótipo

O desenvolvimento do protótipo, tal como na fase anterior, consistiu na produção de uma infografia impressa em material rígido, e de uma aplicação baseada em RA, com a devida implementação dos seus conteúdos finais. Em seguida irá ser descrito o processo realizado para cada um dos módulos.

4.2.1. Prototipagem de alta fidelidade

Recorrendo às ilustrações das técnicas e combinações de técnicas desenvolvidas, assim como de *feedback* recolhido pelo protótipo de baixa fidelidade, foi prototipado o seguinte esquema que relaciona os conteúdos entre si (Figura 36).

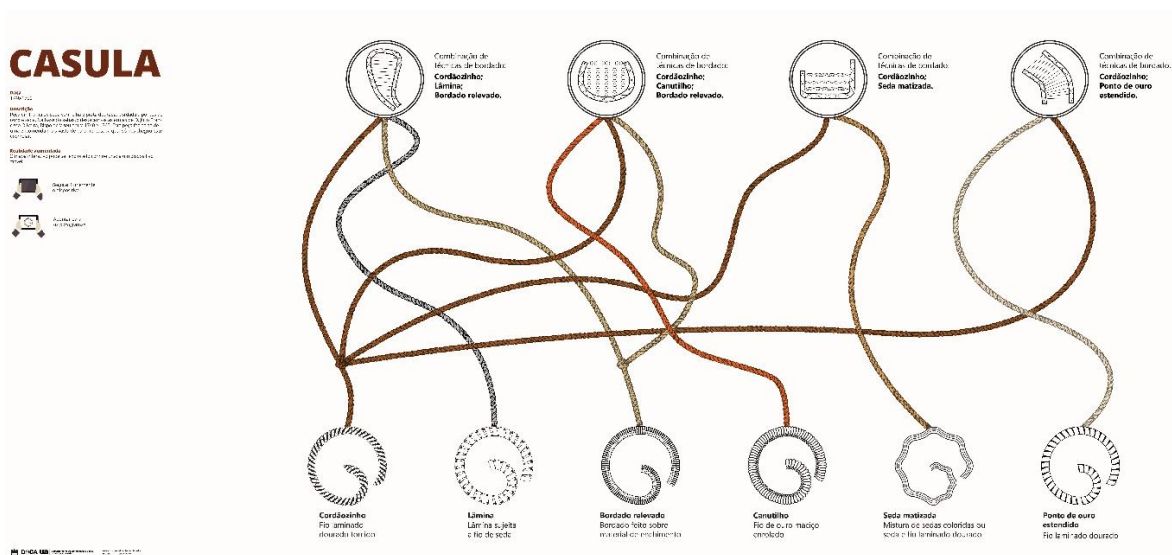


Figura 36 - Mapa esquemático completo (em apêndice)

A organização do esquema é feito por diferentes segmentos funcionais. A zona lateral esquerda pode ser caracterizada como a secção descritiva da obra, na qual se encontra a sua denominação, data de criação, breve descrição histórica, assim como estão presentes instruções relativas à exploração com recurso a RA (Figura 37).

CASULA

Data

1740-1750

Descrição

Peça em lhama de seda vermelha e prata dourada, bordada a pontos de ouro e seda. Na base do sebasto destacam-se as armas de D. Júlio Francisco Oliveira, Bispo de Viseu entre 1740 e 1765. Esta peça fez parte de uma encomenda mais vasta de paramentos, da qual só nos chegou este exemplar.

Realidade aumentada

O mapa interativo pode ser explorado com recurso a um dispositivo móvel.



Segurar firmemente o dispositivo



Apontar para os pictogramas

Figura 37 – Secção descritiva do mapa esquemático

Relativamente ao outro segmento do conteúdo propriamente dito, este encontra-se organizado de forma a que na sua parte superior estejam presentes as combinações de técnicas, sendo que na parte inferior estejam as respetivas técnicas individuais. A representação da relação entre estas duas zonas é feita através de um cordão colorido que une cada técnica que esteja empregue em cada combinação (Figura 38). Para clarificar esta relação e a tornar mais simples de analisar diretamente foi adicionada uma breve porção textual que sumariza cada representação gráfica.

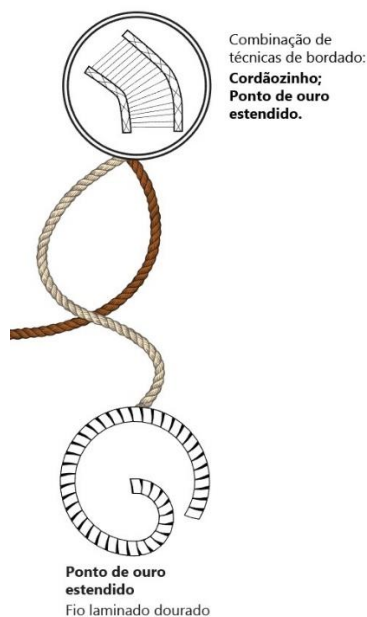


Figura 38 - Relação entre conteúdos

A materialização do mapa esquemático foi feita através de impressão no material de tela, com as dimensões de 2 metros de largura por 0,92 metros de altura. O facto de o mapa tendo sido impresso em tela para a sua versão final, confere a vantagem de se tratar de um material pouco lustroso, podendo então ser bem iluminado sem que daí resulte uma deteriorização do desempenho do processo de deteção, nomeadamente com a criação de reflexos no material, fator que poderia, potencialmente, dificultar a experiência de visualização.

Com o objetivo de criar um elo de relação entre os conteúdos apresentados na aplicação de RA e no mapa, com a peça em si – a Casula – importava então que esta fosse exposta na sua proximidade. Como parte do protótipo de alta fidelidade, foi também construída uma estrutura de suporte à Casula, numa forma simplificada de manequim, permitindo assim que a sua exibição fosse feita lateralmente à tela. A Casula do século XVIII, visto que se trata de uma peça sensível e que necessita grandes cuidados de preservação, requiriu que a construção desta estrutura usasse materiais específicos, indicados por especialistas do Museu de Santa Joana.

4.2.2. Implementação Unity

As ferramentas escolhidas para o desenvolvimento da aplicação móvel de RA recaíram no uso do motor gráfico de jogo Unity 3D, auxiliado pelo SDK Vuforia. O uso do Unity 3D sustenta a necessidade de haver um motor gráfico programável (em que foi usada a linguagem de programação C#) que suporte o SDK Vuforia, assim como o desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis Android. Para além disso, o Unity também garante um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) que facilita a conjugação dos conteúdos criados e a construção da aplicação de RA.

A função do SDK Vuforia prende-se na necessidade de se realizar o processo de registo e rastreamento de fiduciais. O Vuforia, através da imagem captada pela câmara do dispositivo móvel, identifica e posiciona objetos virtuais em relação à posição do fiducial detetado, integrando desta forma o virtual com o real.

Uma grande vantagem do Vuforia é a sua possibilidade de detetar características genuinamente presentes numa imagem (ao contrário de técnicas como QR Code que impõe o uso de marcadores visuais pré-definidos) e compará-las com as que tem definidas na sua base de dados. Isto permite que praticamente qualquer imagem tenha

potencial de ser um fiducial reconhecível pela aplicação, facilitando assim a conjugação de fiduciais no ambiente de forma mais natural (Vuforia, 2017).

O desenvolvimento da aplicação de RA foi orientado para permitir ao visitante uma experiência fácil e simples da aplicação. Por essa razão, optou-se por uma solução que não impusesse a necessidade do utilizador navegar por um sistema de ecrãs antes de ativar a RA. Deste modo, a aplicação está continuamente em modo de exploração e não foi implementada uma interface gráfica de navegação, com o objectivo de oferecer ao visitante uma experiência mais imersiva – característica de transparência enunciada por Ferreira (2014).

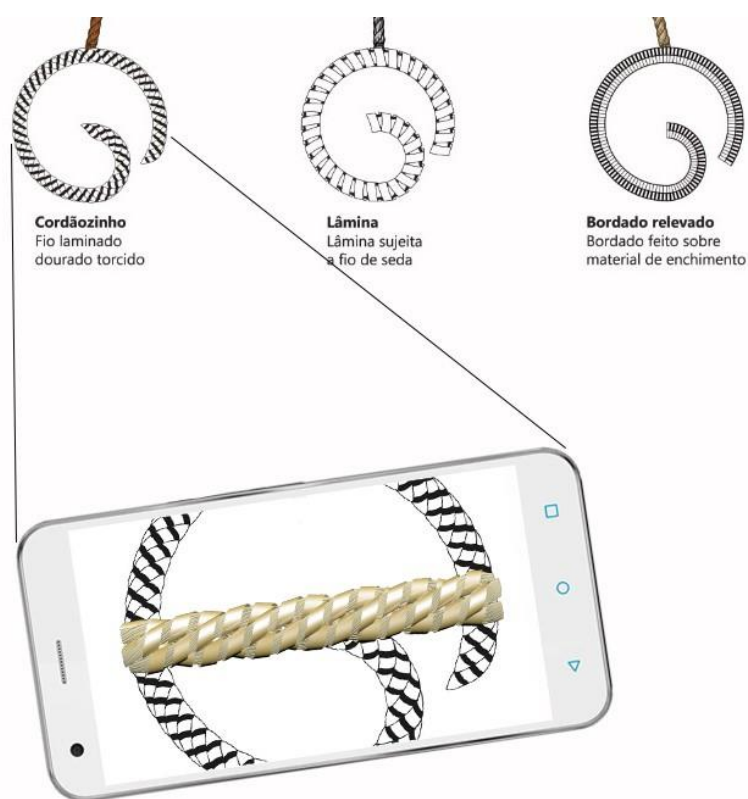


Figura 39 - Exemplificação de uso da aplicação

Assim sendo, a aplicação tem como função combinar e associar todos os conteúdos expostos, através das funcionalidades de RA do Vuforia; sempre que um fiducial (pictograma) presente no mapa esquemático é detectado, é exibido o conteúdo tridimensional referente a este – e no caso das combinações de técnicas, trata-se de conteúdo tridimensional animado. Importa também sublinhar que, em resultado do *feedback* recolhido do protótipo de baixa fidelidade, as animações tridimensionais das

combinações de técnicas foram melhoradas e reformuladas de forma a que estas representassem com maior clareza e realismo a formação das suas estruturas.

Previamente à realização de testes formais, houve ainda a possibilidade de uma interação com um número limitado de potenciais utilizadores finais da aplicação, já em contexto de museu. Esta breve interação permitiu observar dificuldades de deteção dos fiduciais por parte de pessoas do público com aparente menor literacia digital. Devido ao facto da aplicação não aceder à funcionalidade do foco automático da câmara, notou-se certa dificuldade nos participantes em encontrar a distância de aproximação à tela que permitisse que os fiduciais estivessem focados pela câmara do dispositivo. Assim, e como forma a melhorar o protótipo previamente aos testes formais, foi resolvida esta lacuna da focagem da câmara através da incorporação de um novo script em C#.

CAPÍTULO V

Avaliação

5.1. Avaliação

Concluído o processo de implementação, torna-se fulcral realizar o processo de avaliação junto de utilizadores finais. Com a concretização de testes de utilização em contexto real, é possível compreender e detetar lacunas sentidas pelo público-alvo na utilização da aplicação, sendo que estas, por vezes, não são detetáveis através de testes em laboratório. Pela análise dos resultados obtidos nos testes aos utilizadores, procura-se então retirar conclusões sobre se os objetivos propostos inicialmente foram devidamente cumpridos.

O seguinte processo de avaliação procurou quantificar eventuais problemas de utilização da tecnologia/aplicação em si, assim como investigar a pertinência do recurso a tecnologia baseada em RA como transformadora da narrativa de uma exposição museológica.

5.1.1. Caracterização do teste

A realização de testes com utilizadores finais, com o objetivo de avaliar o protótipo funcional, foi efetuada por uma amostra não probabilística - por conveniência – de 23 utilizadores de idades compreendidas entre os 19 e 61 anos. A escolha deste tipo de amostra foi necessária para que se obtivesse um número favorável de resultados, de forma célere, para compreensão de problemas de utilização do protótipo por utilizadores finais.

Os testes finais foram realizados, na íntegra, no espaço de aplicação final do protótipo, o Museu de Santa Joana, sendo que 10 dos indivíduos testados eram visitantes e estavam, naturalmente, presentes no espaço do Museu, e os restantes 13 foram previamente recrutados e convidados a visitá-lo para a concretização do teste.

A realização dos testes no seu ambiente de aplicação final (Museu de Santa Joana) é importante para a obtenção de resultados mais fidedignos a uma utilização real, pela influência que o ambiente tem na exposição assim como que, inversamente, esta tem no espaço. Pese embora a realização dos testes ter sido feita no seu contexto final de aplicação, estes contaram com algumas limitações (enunciadas em 3. Limitações).

O dispositivo móvel facultado para realização dos testes foi o Vodafone Smart Ultra 6, que possui as seguintes características:

- **Ecrã** – 5.5” 1080x1920 pixéis;
- **CPU** – Octa-core (4x1.5 GHz Cortex-A53 & 4x1.1 GHz Cortex-A53);

- **GPU** – Adreno 405;
- **RAM** – 2 GB;
- **Câmara** – 13 Megapixéis;
- **Sistema Operativo** – 6.0.1 (Marshmallow).

5.1.2. Procedimentos

A realização dos testes consistiu em três fases diferentes. Inicialmente foi feita uma breve introdução verbal à Casula e à aplicação desenvolvida, auxiliada também por uma contextualização escrita (Apêndice 5). Houve a necessidade de recorrer a uma abordagem introdutória predominantemente oral, sobretudo para os 10 participantes que se encontravam a visitar o espaço do Museu, tornando a apresentação do núcleo expositivo mais integrada na visita e menos como a realização de um teste.

Terminada a introdução à obra e seu contexto, foi entregue a cada participante o dispositivo com a aplicação móvel desenvolvida, já em funcionamento, sendo dada a indicação que poderiam explorar livremente os conteúdos presentes durante o tempo necessário.

O teste não consistiu na realização de tarefas específicas (um guião pré-definido de tarefas) por dois motivos:

- Pelo facto de o arranjo proposto convidar o visitante a uma exploração livre da infografia, sem impor um processo de navegação (o visitante terá apenas de apontar a câmara aos pictogramas para espoletar conteúdos digitais);
- A segunda razão foi que interessava mais testar como seria o uso da aplicação num contexto de exploração livre, tal como seria na sua utilização final, analisando então quais os conteúdos explorados e não explorados por cada indivíduo.



Figura 40 - Participante a testar a aplicação desenvolvida, no Museu de Santa Joana

Durante a realização dos testes o investigador adotou a metodologia de observador participante, interagindo diretamente com os testados, mas com a preocupação de interferir o mínimo possível com a experiência natural dos indivíduos. Durante cada teste também foram produzidos registos observacionais sobre quais os fiduciais que foram explorados e se houve dificuldade na deteção de algum deles por parte do dispositivo.

Concluída a fase de exploração e como forma de findar o teste de avaliação, foi pedido a cada testado o preenchimento de um questionário pós-teste com perguntas dirigidas à experiência de utilização da aplicação (Apêndice 6).

5.1.3. Limitações

Previamente a uma análise detalhada dos resultados obtidos, é importante sublinhar que os testes ainda que tenham sido realizados no espaço do seu contexto final – o Museu de Santa Joana – não apresentaram todas as características ideais para a exposição do trabalho desenvolvido.

A primeira característica que se destaca é a tela ter estado apenas pousada num banco (aproximadamente 0,50 metros de altura), em oposição a estar afixada a uma altura mais elevada e consequentemente mais confortável de ser explorada. O teste mostrou ainda que a iluminação é um fator decisivo no *setup* e que tem um grande impacto na experiência da RA. De facto, a iluminação pouco difusa do local, produziu sombras que se projetavam

no ângulo de visão da câmara deteriorando o desempenho do reconhecimento dos fiduciais (Figura 41).

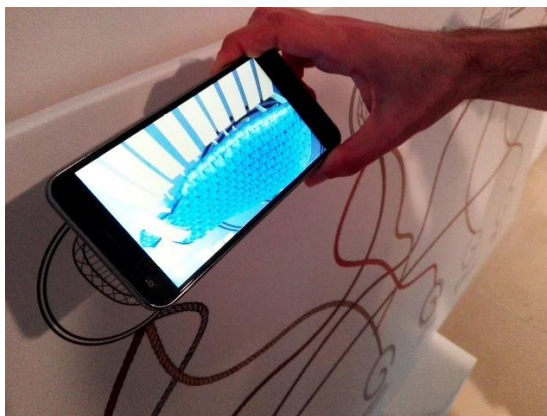


Figura 41 - Exploração aproximada à tela

Outra particularidade a apontar, que foi aplicada nos testes por necessidade, mas que não reflete uma eventual exposição final, foi a exploração da obra ter sido feita com recurso a um *smartphone* em lugar de um *tablet* com maiores dimensões de ecrã e previamente preparado com um suporte adicional robusto que por um lado, comunicasse pela forma e volumetria o modo de manusear, e permitisse uma exploração mais confortável, por outro.

5.1.4. Resultados obtidos

Os resultados obtidos através dos testes ao protótipo de alta fidelidade por parte de utilizadores finais, podem ser divididos em dados de caracterização da amostra (Tabela 2), dados avaliadores de usabilidade (Tabela 3), e dados avaliadores da pertinência (Tabela 4) (Apêndices 2, 3 e 4).

A Tabela 2, de caracterização da amostra, expõe que esta é composta por 23 indivíduos de idades compreendidas entre os 19 e 61 anos, com uma distribuição de géneros equilibrada (56% Masculino e 44% Feminino) e em que a ocupação dominante é “Estudante” (56%).

As perguntas identificadas como **A4** (Possui *smartphone* próprio?) e **A5** (*Frequência de utilização do telemóvel para ações além de chamadas/mensagens.*) servem o propósito de avaliar de forma simplista a prática no manuseamento de dispositivos móveis dos indivíduos, através de uma resposta mensurável e não subjetiva. Destas respostas

destaca-se que apenas um indivíduo não possui *smartphone*, e que grande maioria faz uso do telemóvel, várias vezes por dia, para ações extra comunicações (83%).

Observando as respostas obtidas e representadas na Tabela 3, 91% dos experimentados não sentiu dificuldade na utilização da aplicação e 74% teve a responsividade esperada da aplicação. De forma a avaliar o uso global da aplicação, 65% avaliou-a como uma “Muito boa experiência”, 30% definiu como uma boa experiência e 4% como uma experiência intermédia.

A Tabela 4, de representação das respostas referentes à pertinência, demonstra que 70% dos utilizadores acharam os conteúdos apresentados como “Muito interessantes”, e na sua totalidade (100%) afirmam que a aplicação é uma mais valia na compreensão da peça. Concluindo, a grande maioria dos indivíduos (87%) demonstra interesse no uso da aplicação, numa futura visita ao museu.

Em duas questões - B1 e C1 - a escala de *Likert* foi utilizada sem valor neutro/intermédio com o intuito de obter uma resposta positiva ou negativa. Visto que os questionários foram respondidos na proximidade do investigador, quase que como com características de entrevista, a ausência deste valor neutro compeliu à apresentação de qualquer dúvida na resposta, em oposição a optar-se pelo valor intermédio.

5.1.5. Análise de resultados

Em termos de amostra, conseguiu-se testar a aplicação com um número satisfatório de indivíduos e com uma boa variação de idade, pecando apenas, quiçá, pela falta de efetuar o teste com utilizadores de idades mais novas.

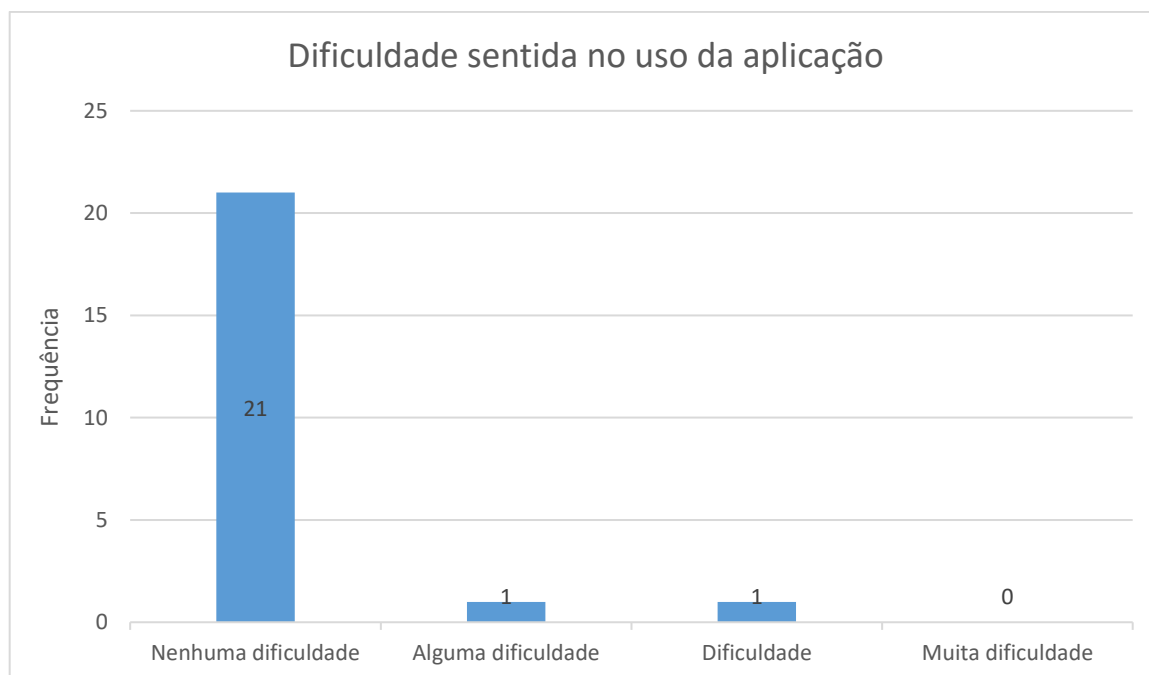


Gráfico 1 – Resultados obtidos na questão B1 (nível de dificuldade sentida)

Grande parte dos inquiridos (91%) quando questionados sobre o grau de dificuldade sentida na utilização da aplicação móvel, respondeu o seu valor mínimo – “Nenhuma dificuldade”. Um fator que pode justificar a elevada taxa desta resposta é o facto da aplicação se abstrair de interfaces gráficas, sendo que o manuseamento do dispositivo é feito como que um objeto de computação tangível, em que a interação com a informação digital faz uso da riqueza das ações físicas naturais (Shaer, 2009).

No entanto, uma falha detetada nesta avaliação foram os problemas de deteção, sentidos por parte de alguns indivíduos. De modo a tentar determinar a origem desta dificuldade, foram cruzados os dados de caracterização da amostra em que é medida a frequência de uso de dispositivos móveis, com as incidências da aplicação não ter a reação esperada (Gráfico 2). Pela análise deste cruzamento de dados – embora que o tamanho da amostra não seja estatisticamente significativo – não parece haver qualquer relação que sustente a hipótese de que os sujeitos que façam uso menos frequente de dispositivos móveis tenham maior dificuldade na deteção dos fiduciais.

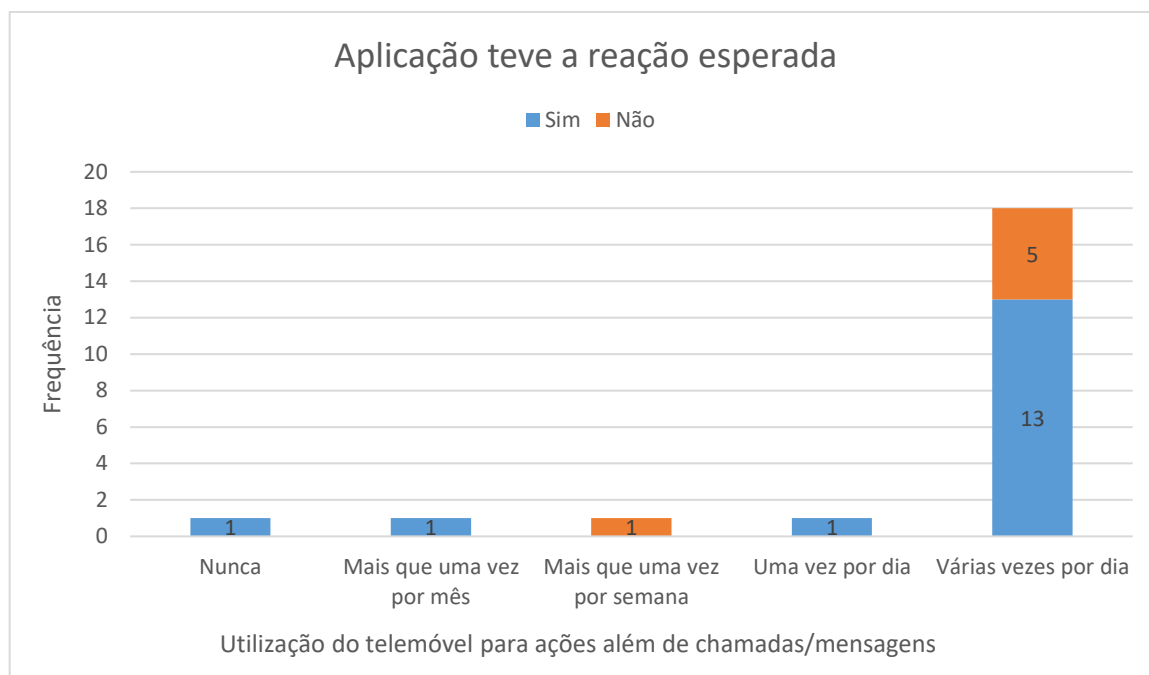


Gráfico 2 – Cruzamento das respostas A5 e B2

Não se podendo tirar ilações deste cruzamento de dados, importa então estudar as respostas obtidas na questão **B2.1** (auxiliada por registos observacionais), que pergunta especificamente em que situação é que a aplicação não deu a reação esperada.

Nesta análise da questão **B2.1**, é testemunhada uma incidência de problemas de deteção em 2 fiduciais específicos (referidos como 2ª e 4ª imagem nas respostas dos inquiridos), do total de 10 fiduciais apresentados. A observação direta não permitiu contemplar um padrão de uso que conduzissem a estas dificuldades específicas nestes dois fiduciais. No entanto, uma particularidade notada foi que este problema foi experienciado em pares, e não individualmente – os inquiridos que notaram dificuldade na deteção foram o nº5 e 6, nº11 e 12, nº22 e 23. Esta particularidade leva a refletir sobre a possibilidade de que haja uma ação, ou ordem de ações, que possa espoletar a maior dificuldade na deteção destes fiduciais peculiares, e que este problema transite para o teste do utilizador seguinte (pois a aplicação não era reiniciada a cada novo teste).

Relativamente à pertinência da aplicação, as apreciações recolhidas demonstram ser positivas. Grande maioria dos indivíduos indicou os conteúdos exibidos e forma como são apresentados como “Interessantes” ou “Muito interessantes” (Gráfico 3).

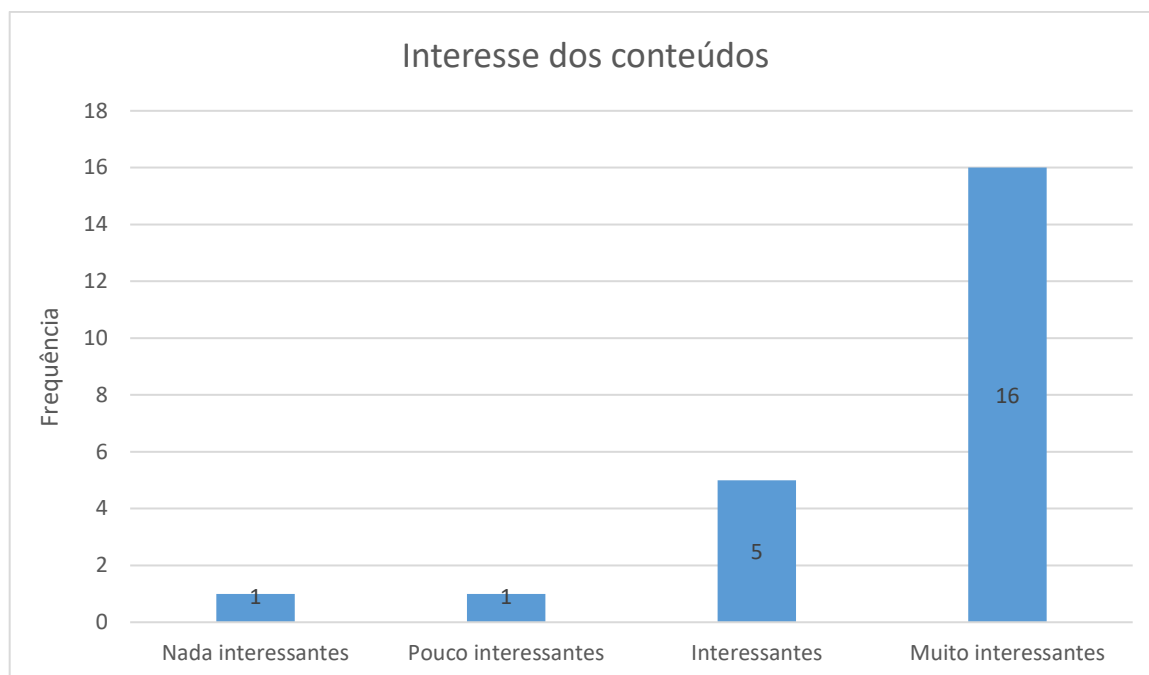


Gráfico 3 - Resultados obtidos na questão C1 (nível de interesse dos conteúdos)

Na questão **C2** os utilizadores, na sua totalidade, responderam que a aplicação ajudou no entendimento da peça em questão. Consegue-se perceber de forma mais orgânica de que modo é que a aplicação prestou este auxílio, pela análise de respostas abertas como são exemplo:

- “(...) acrescenta valor à experiência, ao fornecer informação extra que não é perceptível a "olho nu";
- “Dá para ver em maior detalhe a composição dos vários componentes da peça”.

Para além da observação das respostas abertas em **C3.1** para análise da forma que os utilizadores sentem que a aplicação ajudou na sua perceção da peça, é também interessante estudar estas respostas ao nível da experiência de exploração museográfica. Em algumas destas respostas é afirmado que a aplicação torna a visita ao museu “mais interativa e interessante” e que “acrescenta valor à experiência”, existindo várias referências relativas à interatividade e interesse. Um inquirido refere mesmo que a experiência “cria mais imersão”, conceito de imersão este que é já referido por Vairinhos (2015), como um dos mecanismos para a incorporação do visitante na experiência museográfica.

Como forma de avaliação da experiência geral do uso da aplicação, os resultados obtidos revelam ser positivos, não havendo dentro da amostra nenhuma classificação negativa (Gráfico 4).



Gráfico 4 – Resultados obtidos na questão B3 (Satisfação geral da experiência)

O questionário possuía no seu final de um espaço de observações livres, no qual se obteve um conjunto de opiniões interessantes que dificilmente seriam possíveis de adquirir por perguntas pré-definidas. Entre estas apreciações, destaca-se a incidência por parte de três inquiridos no interesse da existência de “um elemento de ligação visual” entre os conteúdos apresentados pela tela/aplicação e a Casula. Outra opinião recolhida, por um inquirido, foi algo já identificado inicialmente dadas as condições em que o teste foi realizado, que é o desconforto causado ao utilizador pela tela estar colocada a uma altura demasiado baixa, chegando mesmo a demandar que os indivíduos se agachassem para conseguirem explorar a parte inferior da mesma. Esta particularidade também certamente influenciou o trajeto de exploração tomado, fazendo com que, sem exceção, os testados explorassem todas as combinações de técnicas (parte superior) e apenas só no final analisassem as técnicas individuais (parte inferior).

CAPÍTULO VI

Conclusão

6.1. Conclusões

O resultado obtido através da execução desta investigação cumpriu as finalidades inicialmente estabelecidas. Em suma, foi levada a cabo uma revisão de literatura que findou com o desenvolvimento de uma aplicação móvel baseada em RA, com a sua posterior avaliação junto de utilizadores finais.

Seguindo a ordem metodológica definida para a investigação (Capítulo II, 2.5.), a fase de exploração teve a importância de garantir ao investigador o conhecimento das técnicas presentes na Casula do século XVIII, que inicialmente era praticamente nulo. Apenas com esta perceção da sofisticação técnica da obra, é que se tornou sequer possível a análise de uma solução expositiva que permitisse a tecnicidade da peça ser comunicada de modo eficaz e compreensivo. A solução adotada passou pela conceção de uma aplicação móvel de RA – suportada por um mapa explicativo – que apresentasse representações tridimensionais das técnicas presentes, de uma forma ampliada e perceptível.

Na fase de design houve um foco na criação das representações gráficas das técnicas e sua conjugação no mapa, assim como que na conceção dos respetivos modelos 3D. Ainda que tenha sido uma fase de grande predomínio no desenvolvimento de conteúdos gráficos, foi igualmente importante a prototipagem de uma versão mais limitada da aplicação de RA, pois permitiu a exemplificação da conjugação dos elementos virtuais com os conteúdos físicos construídos, desta forma permitindo a recolha de *feedback* junto de professores da área e responsáveis do Museu de Aveiro.

A fase de desenvolvimento envolveu a necessidade de implementar todos os conteúdos criados na fase de design, na aplicação móvel. Para atingimento desta meta, foi necessária a definição como fiducial de todas as representações de técnicas presentes no mapa, recorrendo ao Vuforia. O respetivo conteúdo e animação tridimensional exibido quando detetado cada fiducial, foi proveniente do *software* 3ds Max e posteriormente implementado em Unity 3D. Uma dificuldade sentida neste processo foi a incompatibilidade de métodos de animação possíveis em 3ds Max, mas não suportados para implementação em Unity. A solução para o problema adveio por refazer as animações com o método de *bones* (ossos) e, pese embora, que a qualidade de animação seja ligeiramente inferior e de maior dificuldade de desenvolvimento, este método de animação já é suportado pelas duas plataformas.

Por fim, mas não de menor importância, foi levada a cabo a fase de avaliação da aplicação por utilizadores finais, para apreciação da usabilidade e pertinência do produto desenvolvido. Esta fase de avaliação encontra-se discutida mais pormenorizadamente na análise crítica.

6.2. Análise Crítica

Pela realização deste processo de investigação-ação, foram obtidas informações provenientes do processo de revisão de literatura, de desenvolvimento e de avaliação que permitem dar resposta à pergunta de investigação colocada inicialmente.

Que desafios técnicos, funcionais e de interação se devem ter em conta na implementação de uma tecnologia baseada em realidade aumentada, para o enriquecimento da narrativa de uma exposição museológica?

De forma a simplificar a resposta à questão de investigação, podem-se então dividir os desafios referidos em desafios técnicos, desafios funcionais e desafios de interação.

Desafios técnicos

- Integração dos conteúdos virtuais no mundo real;

Para o desenvolvimento de uma aplicação baseada em RA é precisa a implementação da tecnologia que suporte este processo. Relativamente à tecnologia implementada no protótipo desta investigação, o Vuforia, importa então realçar a necessidade de criar ou usar imagens/objetos de referência que apresentem uma boa quantidade e qualidade de pontos de deteção. Os alguns problemas detetados na utilização da aplicação final podem-se prender pelo facto de os dois fiduciais problemáticos não respeitem alguma das boas práticas para deteção de pontos de registo.

- Capacidade gráfica do dispositivo.

Aquando da implementação das animações na aplicação móvel, e devido ao facto de estas terem uma grande representação de pormenor, com um elevado número de vértices (os próprios fios de seda são compostos por vários filamentos), foram detetadas dificuldades do dispositivo manter uma taxa de *frames* constante. Houve então a necessidade de recorrer a métodos de redução de vértices que aumentassem a fluidez da animação, com uma redução quase impercetível na qualidade dos modelos 3D.

Desafios funcionais

- Compreensão dos conteúdos exibidos.

Independentemente da técnica de RA implementada para auxílio de uma exposição museológica, importa então que ela confira vantagens sobre outros métodos de exposição, para a melhor compreensão dos conteúdos. A aplicação deve servir a sua função de transmitir a informação de forma mais rica. Denota-se, proveniente da fase de avaliação, a opinião de três utilizadores que gostariam que houvesse um elemento de ligação visual entre os conteúdos apresentados na tela e aplicação com a Casula. Embora esta ligação tivesse sido planeada previamente, problemas como a fraca deteção da Casula como um fiducial e a difícil identificação das técnicas diretamente na obra, impossibilitaram um elo de relação mais direto.

Desafios de interação

- Interface de navegação;

Embora o protótipo desenvolvido nesta investigação seja desprovido de uma interface gráfica de navegação, não tendo gerado grandes dificuldades na utilização do mesmo, a forma como esta interação é realizada não deve ser desprezada de estudo e ponderação. O foco do uso da aplicação deve ser a exploração de determinada obra e não da aplicação em si, como forma tecnológica.

- Cansaço do utilizador.

Nos casos de computação tangível, como estudado na revisão de literatura, o cansaço do utilizador não é desprezível. Infelizmente, pelas limitações em que foram realizados os testes na fase de avaliação (Capítulo V, 5.1.3.), não foi possível recolher informação fidedigna dos efeitos do cansaço físico no uso do protótipo desenvolvido. Ainda assim, e como forma a responder parcialmente à pergunta de investigação, importa então referir que a fadiga deve ser também avaliada e ajustada à aplicação a desenvolver, quer pelos movimentos necessários de realizar, quer pelo peso do dispositivo em si.

6.3. Perspetiva de trabalho futuro

Com a perspetiva de poder haver uma melhoria sobre estado do protótipo já alcançado neste processo de investigação, importa apontar características que podem e/ou devem ser trabalhadas no futuro, de forma a aumentar a qualidade do protótipo. Algumas destas características apenas foram identificadas durante a fase de avaliação, enquanto que outras foram idealizadas, mas não concretizadas, por dificuldade de implementação ou constrangimento temporal.

Dificuldades de deteção

Possivelmente a maior fragilidade do protótipo desenvolvido, reside no facto de existirem dois fiduciais em que foram sentidas algumas dificuldades na sua deteção. Embora os utilizadores que experienciaram a dificuldade tenham conseguido visualizá-los numa tentativa seguinte, este problema deverá ser resolvido prontamente. A não deteção de um fiducial pode dar a noção que toda a aplicação não é responsiva, desmotivando o uso da mesma.

A resolução para o problema deverá passar por compreender o padrão de utilização que conduz a esta falha. Se necessário, pode-se também fazer uma alteração do que é detetado pelo Vuforia como fiducial, incluindo conteúdo de zonas próximas, como por exemplo o texto lateral a cada combinação de técnicas.

Criação de um elemento de ligação com a peça

De forma a criar uma relação mais forte entre os conteúdos visualizados no mapa esquemático e aplicação móvel com a Casula em si, deve ser desenvolvida uma solução que incorpore a Casula numa funcionalidade de RA da aplicação.

Chegou a haver um desenvolvimento deste tipo de função da aplicação móvel, pela adição de conteúdos virtuais diretamente representados sobre a peça. O maior problema desta implementação foi que a Casula em si, a menos que fosse visualizada a uma aproximação inferior a 0,5 metros, não detinha qualquer qualidade de deteção da mesma como um fiducial. Outra dificuldade sentida foi que a Casula sendo composta por várias técnicas milimétricas, e sem a existência de zonas onde elas são exclusivamente usadas, era difícil (se não impossível) de relacionar uma técnica a um ponto específico da peça.

A solução pode passar pelo desenvolvimento de um sistema de exploração mais complexo, recorrendo à implementação de uma GUI. Caso este seja o recurso a executar, é

importante que haja uma nova fase de avaliação para examinar o impacto desta implementação na execução das tarefas por utilizadores finais.

Estender a aplicação a outros conteúdos

A tecnologia de RA pode ter inúmeras aplicações em contexto museográfico, pelo que o uso desta pode ser expandida a um maior número de obras. De forma mais conservadora, o futuro desenvolvimento pode simplesmente passar pela atualização/melhoramento dos conteúdos já criados.

Pela já existência de uma aplicação móvel baseada em tecnologia de RA (*Deep Painting*), desenvolvida também em contexto de dissertação do mestrado de comunicação multimédia, a extensão referida a novos conteúdos pode passar pela fusão das diferentes aplicações, em uma só.

Bibliografia

- Azuma, R. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. Retrieved from <http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Beaudouin-Lafon, M. (2000). Instrumental interaction: An Interaction Model for Designing Post-WIMP User Interfaces. *Proceedings of the 18th International Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '00*, 2(1), 446–453. <https://doi.org/10.1145/332040.332473>
- Bhorkar, G. (2017). A Survey of Augmented Reality Navigation. *Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction*, 8(2–3), 73–272. <https://doi.org/10.1561/11000000049>
- Dix, A. (2016). Human-Computer Interaction. *Encyclopedia of Database Systems*, (January 2004), 1327–1331. <https://doi.org/10.4135/9781412982818.n29>
- Engelbart, D. (1962). Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework. *Contract*, 49(3578), 80. <https://doi.org/10.1007/s00146-006-0076-z>
- English, W. K., Engelbart, D. C., & Huddart, B. (1965). A Computer Aided Display-Control Selection Procedure for Process Control Jobs - UNISER. *IIE Transactions*, 16(4). <https://doi.org/10.1080/07408178408975257>
- Ferreira, J. C. A. P. (2014). *Design para realidade aumentada : um estudo em contexto educativo*.
- Fitzmaurice, G. W. (1996). Graspable user interfaces. *Citeseer*, 167. <https://doi.org/10.1.1.120.2035>
- Fitzmaurice, G. W., Ishii, H., & Buxton, W. a. S. (1995). Bricks: laying the foundations for graspable user interfaces. *SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 442–449. <https://doi.org/10.1145/223904.223964>
- Gould, J. D., & Lewis, C. (1985). Designing for usability: key principles and what designers think. *Communications of the ACM*, 28(3), 300–311. <https://doi.org/10.1145/3166.3170>

- Gray, D. (2013). *Doing research in the real world*. Retrieved from https://www.google.com/books?hl=en&lr=&id=N_WGAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Doing+Research+in+the+Real+World&ots=QtZOd-Z0yL&sig=GQQhY7kO6mnU03Uv0sPjHhPPCTE
- Horn, M. S., Solovey, E. T., Crouser, R. J., & Jacob, R. J. K. (2009). Comparing the use of tangible and graphical programming languages for informal science education. *Proceedings of the 27th International Conference on Human Factors in Computing Systems CHI 09*, 32, 975. <https://doi.org/10.1145/1518701.1518851>
- Ishii, H., & Ullmer, B. (1997). Tangible bits. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems CHI 97*, 39, 234–241. <https://doi.org/10.1145/258549.258715>
- Jacob, R. J. K., Girouard, A., Hirshfield, L. M., Horn, M. S., Shaer, O., Solovey, E. T., & Zigelbaum, J. (2008). Reality-based interaction. *Proceeding of the Twenty-Sixth Annual CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '08*, 201. <https://doi.org/10.1145/1357054.1357089>
- Jeater, M. (2011). Smartphones and Site Interpretation: the Museum of London's Streetmuseum Applications, 22.
- Kipper, G., & Rampolla, J. (2013). *Augmented reality : an emerging technologies guide to AR*. Syngress/Elsevier. Retrieved from https://books.google.pt/books?hl=en&lr=&id=OyGiW2OYI8AC&oi=fnd&pg=PR1&ots=Z_BTZ-QZD6&sig=6yere1MUTKAN4tQqfM9JNuXLLCw&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Lewis, G. (1992). Museums and their precursors: a brief world survey. *Manual of Curatorship: A Guide to Museum Practice*. Retrieved from https://www.google.com/books?hl=en&lr=&id=9gAwCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=PRECURSORS+OF+MUSEUMS&ots=9lq_coV0uR&sig=N6eix8HOcgX_ymoQLWwn_Ugrli0
- LINFO. (2004). Linux Information Project - GUI Definition. Retrieved from <http://www.lininfo.org/gui.html>

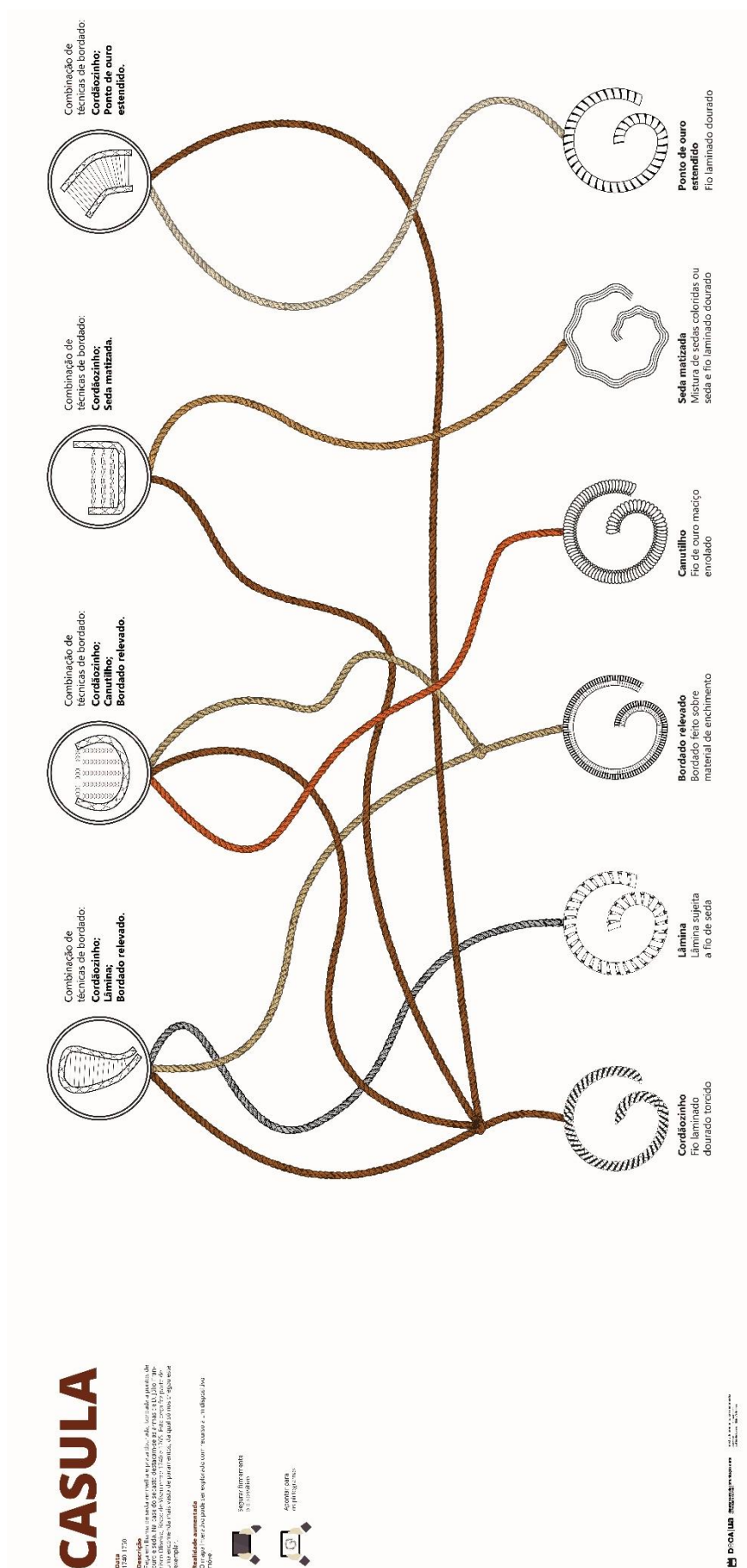
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information Systems*, E77-D, 15. Retrieved from http://search.ieice.org/bin/summary.php?id=e77-d_12_1321
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1994). Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum, 2351.
- Nielsen, J. (2012). Usability 101: Introduction to Usability. *Nielsen Norman Group*, Articles. <https://doi.org/10.1145/1268577.1268585>
- Norman, D. A. (1988). *The psychology of everyday things*.
- Norman, D. A. (2013). *The design of everyday things: Revised and expanded edition*. Retrieved from https://www.google.com/books?hl=en&lr=&id=nVQPAAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT8&dq=design+of+everyday+things&ots=eStan0M-Tv&sig=OGE1QSgKQWgrY_iibwTesTSRThM
- Oxford University Press. (2011). Oxford English Dictionary. Retrieved from <http://www.oed.com/view/Entry/112123?redirectedFrom=Mafia#eid>
- Poupyrev, I., Nashida, T., & Okabe, M. (2007). Actuation and tangible user interfaces: the Vaucanson duck, robots, and shape displays. *Of the 1st International Conference on ...*. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1227012>
- Priberam. (2013). Dicionário Priberam da Língua Portuguesa. Retrieved from <https://www.priberam.pt/dlpo/viés>
- Providência, F. (2015). O museu envolvente. In V. Branco, N. Dias, & R. Raposo (Eds.), *Possibilidades: MUX - museus em experiência* (pp. 8–22). UA Editora - Universidade de Aveiro.
- Raymond, E. S. (2003). The art of unix programming. <https://doi.org/10.1002/chin.200327184>
- Reinhart, G., & Patron, C. (2003). Integrating Augmented Reality in the Assembly Domain - Fundamentals, Benefits and Applications. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*,

- 52(1), 5–8. [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)60517-4](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)60517-4)
- Rudd, J., Stern, K., & Isensee, S. (1996). Low vs. high-fidelity prototyping debate. *Interactions*, 3(1), 76–85. <https://doi.org/10.1145/223500.223514>
- Shaer, O. (2009). Tangible User Interfaces: Past, Present, and Future Directions. *Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction*, 3(1–2), 1–137. <https://doi.org/10.1561/11000000026>
- Sharp, H., Rogers, Y., & Preece, J. (2007). Interaction design: beyond human-computer interaction. *Book*, 11, 773. <https://doi.org/10.1162/leon.2005.38.5.401>
- Simon, N. (2010). *The participatory museum*. Retrieved from https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=qun060HUcOcC&oi=fnd&pg=PR1&dq=participatory+museum&ots=EdLezaqTFh&sig=tM2XL4kiJRDi7WEVxaKD-VMk0-o&redir_esc=y#v=onepage&q=participatory+museum&f=false
- Ullmer, B., & Ishii, H. (2000). Emerging frameworks for tangible user interfaces. *IBM Systems Journal*. Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5387042/>
- Vairinhos, M. (2015). O museu envolvente. In V. Branco, N. Dias, & R. Raposo (Eds.), *Possibilidades: MUX - museus em experiência* (pp. 109–119). UA Editora - Universidade de Aveiro.
- Vuforia. (2017). Image Targets | Vuforia Library. Retrieved October 7, 2018, from <https://library.vuforia.com/articles/Training/Image-Target-Guide>
- Vuforia. (2018). Optimizing Target Detection and Tracking Stability. Retrieved October 7, 2018, from <https://library.vuforia.com/content/vuforia-library/en/articles/Solution/Optimizing-Target-Detection-and-Tracking-Stability.html>
- Yan, Y. (2015). Registration Issues in Augmented Reality. Retrieved from <http://www.cs.bham.ac.uk/~rjh/courses/ResearchTopicsInHCI/2014-15/Submissions/yan--yan.pdf>

Zhang, Q., Chu, W., Ji, C., Ke, C., & Li, Y. (2014). An implementation of generic augmented reality in mobile devices (pp. 555–558). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ITAIC.2014.7065112>

Apêndices

Apêndice 1 – Mapa esquemático



Apêndice 2 – Resultados de Caracterização da amostra

Legenda:

A1 - *Idade.*

A2 - *Género.*

A3 - *Ocupação.*

A4 - *Possui smartphone próprio?*

A5 - *Frequência de utilização do telemóvel para ações além de chamadas/mensagens.*

Escala ordinal ímpar que no seu valor mínimo representa “Nunca”, e que de forma gradual – “Mais que uma vez por mês”; “Mais que uma vez por semana”; “Uma vez por dia”; “Várias vezes por dia” - apresenta um aumento da frequência de uso de dispositivos móveis.

Tabela 2 - Caracterização da amostra

	A1	A2	A3	A4	A5
#1	51	F	Técnica superior	Sim	Mais que uma vez por mês
#2	56	M	IT Consulting	Sim	Uma vez por dia
#3	24	F	Estudante	Sim	Várias vezes por dia
#4	26	M	Investigador	Sim	Várias vezes por dia
#5	22	M	Estudante	Sim	Várias vezes por dia
#6	61	M	Vigilante	Sim	Mais que uma vez por semana
#7	41	F	Administradora	Sim	Várias vezes por dia
#8	38	M	Autónomo	Sim	Várias vezes por dia
#9	59	F	Assistente técnica	Não	Nunca
#10	23	F	Estudante	Sim	Várias vezes por dia
#11	19	F	Estudante	Sim	Várias vezes por dia
#12	19	F	Estudante	Sim	Várias vezes por dia

#13	20	M	Estudante	Sim	Várias vezes por dia
#14	41	M	Empresário	Sim	Várias vezes por dia
#15	36	F	Farmacêutico	Sim	Várias vezes por dia
#16	21	M	Estudante	Sim	Várias vezes por dia
#17	24	M	Estudante	Sim	Várias vezes por dia
#18	38	M	Técnico informático	Sim	Várias vezes por dia
#19	22	F	Estudante	Sim	Várias vezes por dia
#20	27	M	Estudante	Sim	Várias vezes por dia
#21	22	F	Estudante	Sim	Várias vezes por dia
#22	21	M	Estudante	Sim	Várias vezes por dia
#23	21	M	Estudante	Sim	Várias vezes por dia

Apêndice 3 – Resultados de avaliação de usabilidade

Legenda:

B1 - Quanta dificuldade sentiu ao usar a aplicação?

Escala ordinal par que no seu valor mínimo representa “Pouca dificuldade” (1), e que de forma gradual (2) (3) apresenta um aumento da dificuldade sentida, até ao seu valor máximo – “Muita dificuldade” (4).

B2 - A aplicação teve a reação esperada para cada ação sua?

B2.1 - Se não, em que situação?

B3 - Classifique em geral a sua experiência de utilização da aplicação.

Escala ordinal ímpar que no seu valor mínimo representa “Fracá experiência” (1), e que de forma gradual (2) (3) (4) apresenta um aumento de satisfação de utilização, até ao seu valor máximo – “Muito boa experiência” (5).

Tabela 3 - Avaliação da usabilidade

	B1	B2	B2.1	B3
#1	1	Sim		5
#2	1	Sim		5
#3	1	Sim		4
#4	1	Sim		5
#5	1	Não	Existiam 2 imagens que não despoletaram a animação à primeira tentativa.	5
#6	3	Não	Segunda imagem não funcionou	3
#7	1	Sim		5
#8	1	Sim		5
#9	2	Sim		4
#10	1	Sim		5
#11	1	Não	Na 2ª imagem na parte de cima não apareceu o modelo 3D	5

#12	1	Não	Na 2ª imagem da linha de cima e na 4ª imagem da mesma linha não apareceu o modelo 3D na 1ª tentativa.	5
#13	1	Sim		4
#14	1	Sim		5
#15	1	Sim		5
#16	1	Sim		4
#17	1	Sim		5
#18	1	Sim		4
#19	1	Sim		5
#20	1	Sim		5
#21	1	Sim		4
#22	1	Não	A última técnica não funcionou devidamente	4
#23	1	Não	Num dos ícones não apareceu à primeira	5

Apêndice 4 – Resultados de avaliação da pertinência

Legenda:

C1 – *Quão interessante achou os conteúdos apresentados na aplicação?*

Escala ordinal par que no seu valor mínimo representa “Nada interessantes” (1), e que de forma gradual (2) (3) apresenta um aumento do interesse nos conteúdos apresentados, até ao seu valor máximo – “Muito interessantes” (4).

C2 – *Considera a aplicação uma mais valia na compreensão da peça e das suas técnicas de bordado?*

C3 – *Voltaria a utilizar a aplicação numa futura visita ao museu de Aveiro?*

C3.1 – *Porquê? (Opcional)*

Tabela 4 - Avaliação da pertinência

	C1	C2	C3	C3.1
#1	4	Sim	Sim	
#2	4	Sim	Sim	
#3	3	Sim	Sim	Creio que acrescenta valor à experiência, ao fornecer informação extra que não é perceptível a "olho nu"
#4	3	Sim	Talvez	Se o conteúdo se alterasse ou se abrangesse novas obras, utilizaria
#5	4	Sim	Sim	Permite uma interação didática que permite ao visitante compreender, neste caso, as técnicas de bordado muito mais intuitivamente de uma forma agradável.
#6	3	Sim	Talvez	
#7	4	Sim	Sim	
#8	4	Sim	Sim	Muito explicativo!
#9	4	Sim	Sim	Dão a conhecer ao público a forma da ??? dos têxteis (bordados)

#10	4	Sim	Sim	Torna mais interessante a visita e podemos ver como funciona cada uma das técnicas de bordado.
#11	4	Sim	Sim	Porque percebe-se melhor as combinações existentes na peça, e torna a visita mais interativa
#12	4	Sim	Sim	Sim, pois acho que tornaria a minha visita mais interativa e interessante, principalmente se não for uma pessoa do meio (multimédia)
#13	3	Sim	Sim	Para explicar ou demonstrar os métodos de costura
#14	1	Sim	Sim	Para entender melhor
#15	4	Sim	Sim	
#16	2	Sim	Talvez	Permite ajudar e "descodificar" as diferentes técnicas de bordado da peça
#17	4	Sim	Sim	Maneira mais interativa de visualizar as diferentes técnicas de bordado.
#18	4	Sim	Sim	É um auxílio importante a contextualizar a complexidade das peças expostas
#19	4	Sim	Sim	Nem sempre podemos aproximar-nos a uma obra e podemos não captar alguma informação e a app ajuda nesse caso
#20	4	Sim	Sim	Dá para ver em maior detalhe a composição dos vários componentes da peça
#21	4	Sim	Sim	
#22	3	Sim	Sim	Porque cria mais imersão
#23	4	Sim	Sim	

Apêndice 5 – Contextualização do teste ao protótipo de alta fidelidade

Teste à aplicação de realidade aumentada para exploração de técnicas de bordado

Protótipo funcional de alta fidelidade

Introdução

O seguinte teste funcional e questionário de utilização da aplicação, inserem-se no âmbito de um trabalho de dissertação do Mestrado de Comunicação Multimédia da Universidade de Aveiro, em colaboração com o Museu de Santa Joana de Aveiro.

A aplicação é baseada em realidade aumentada, e tem o intuito de incentivar a exploração e de facilitar a compreensão das diferentes técnicas de bordado presentes numa peça têxtil, denominada Cúpula, do século XVIII.

Estrutura do teste

O teste encontra-se dividido em duas fases, sendo a primeira uma utilização prática da aplicação móvel para exploração da tela, e a segunda a resposta a um questionário sobre a experiência de utilização da mesma.

A duração da realização do teste é **aproximadamente 6 a 10 minutos**.

Agradecemos a sua importante colaboração neste estudo.

Apêndice 6 – Questionário pós-teste

Avaliação da aplicação

Terminada a exploração da peça, agradece-se que responda as seguintes questões que refletem a sua utilização da aplicação.

Parte 1:

Idade: _____

Género: F ☐ M ☐

Ocupação: _____

Possui *smartphone* próprio?

S ☐ N ☐

Com que frequência utiliza o telemóvel para outras ações para além de chamadas/mensagens (exemplos: tirar fotos ou vídeos, jogos, uso de aplicações, visitas à web...)

Várias vezes por dia ☐

Uma vez por dia ☐

Mais que uma vez por semana ☐

Mais que uma vez por mês ☐

Nunca ☐

Parte 2:

Quanta dificuldade sentiu ao usar a aplicação?

Nenhuma dificuldade ☐ ☐ ☐ ☐ Muita dificuldade

Quão interessante achou os conteúdos apresentados na aplicação?

Nada interessantes ☐ ☐ ☐ ☐ Muito interessantes

A aplicação teve a reação esperada para cada ação sua?

Sim ☐ Não ☐

Se não, em que situação?

Considera a aplicação uma mais valia na compreensão da peça e das suas técnicas de bordado?

Sim ☐ Não ☐

Voltaria a utilizar a aplicação numa futura visita ao museu de Aveiro?

Sim ☐ Não ☐ Talvez ☐

Porquê? (Opcional)

Classifique em geral a sua experiência de utilização da aplicação

(1 – fraca experiência ... 5 – muito boa experiência)

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

Caso tenha observações finais a apontar, por favor indique-as (opcional).

Estes anexos só estão disponíveis para consulta através do CD-ROM.
Queira por favor dirigir-se ao balcão de atendimento da Biblioteca.

Serviços de Biblioteca, Informação Documental e Museologia
Universidade de Aveiro